

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-030942

(43)Date of publication of application : 02.02.1996

(51)Int.Cl.

G11B 5/584

(21)Application number : 07-149142

(71)Applicant : INTERNATL BUSINESS MACH
CORP <IBM>

(22)Date of filing : 15.06.1995

(72)Inventor : ALBRECHT THOMAS ROBERT
BARRETT ROBERT CARL
EATON JAMES HOWARD

(30)Priority

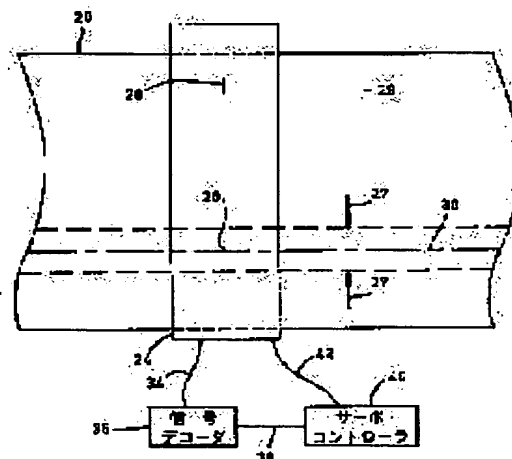
Priority number : 94 270207 Priority date : 30.06.1994 Priority country : US

(54) SERVO CONTROL SYSTEM AND RELATED APPARATUS AND METHOD

(57)Abstract:

PURPOSE: To reduce position signal error and moreover facilitate the detection of the position signal error by executing determination of position with a periodical synchronous feature in the servo pattern detected by servo decoder.

CONSTITUTION: A magnetic flux transitional servo pattern is detected by a servo read head 26 and this head 26 generates an analog servo read head signal to be supplied to a signal decoder 36 via a signal line 34. The decoder 36 processes the servo read head signal to generate a positional signal supplied to a servo controller 40 via the signal line 38. The controller 40 generates a servo mechanism control signal then supplies this signal to a head assembly 24 via the control line 24. The servo mechanism of the assembly 24 moves, responsive to the control signal from the controller 40, the head 26 in the moving direction exceeding the width of the servo track 30. The controller 40 monitors the positional signal from the decoder 36 to generate the control signal reaching the desired position. Such signal is equal to the signal appearing when the head has reached the desired position.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 07.11.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3158015

[Date of registration]

09.02.2001

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

USPTO PATENT FULL-TEXT AND IMAGE DATABASE

Home	Quick	Advanced	Pat Num	Help
Hit List	Previous	Next	Bottom	
View Cart	Add to Cart			
Images				

(2 of 3)

United States Patent
Albrecht , et al.

5,689,384
November 18, 1997

Timing based servo system for magnetic tape systems**Abstract**

A track following servo system is disclosed for use with magnetic tape systems in which magnetic servo track patterns contain transitions recorded at more than one azimuthal orientation across the width of the servo track. The timing of a signal derived from reading at any point across the width of such a pattern varies continuously as the read head is moved across the servo track. The pattern is read by a servo read head whose width is small compared to the servo track pattern. The combination of a wide servo pattern and a narrow servo read head offers excellent position sensing linearity and dynamic range. In the preferred embodiment, the servo read head is also narrow with respect to the data tracks, which provides the additional advantages of superior immunity to position sensing errors caused by defects or temporal variations in the servo read head, defects in the servo pattern on the tape, wear of the head or tape, or debris collection on the head or tape. Position sensing with this system is achieved by deriving a ratio of two servo pattern intervals and therefore is insensitive to tape speed during reading. The servo patterns may include spacing intervals recognizable for error detection and correction purposes. Servo tracks are recorded using a patterned multiple gap servo write head whose magnetic gaps have geometries appropriate to generate the desired servo patterns. The patterned gaps of the servo write head are produced by photolithographically defined electroplating of permalloy on a ferrite ring head structure.

Inventors: Albrecht; Thomas Robert (San Jose, CA); Barrett; Robert Carl (San Jose, CA); Eaton; James Howard (Morgan Hill, CA)

Assignee: International Business Machines Corporation (Armonk, NY)

Appl. No.: 270207

Filed: June 30, 1994

Current U.S. Class: 360/77.12; 360/78.02

Intern'l Class: G11B 005/584

Field of Search: 360/77.05,77.07,77.71,77.12,76

References Cited [Referenced By]**U.S. Patent Documents**

3427606	Feb., 1969	Black et al.	360/77.
3458785	Jul., 1969	Sordello	360/77.
3686649	Aug., 1972	Behr	360/77.
4007493	Feb., 1977	Behr et al.	360/77.
4074328	Feb., 1978	Hardwick	360/77.
4149198	Apr., 1979	Behr et al.	360/77.
4166282	Aug., 1979	Ragle et al.	360/77.
4209810	Jun., 1980	Ragle et al.	360/77.
4314290	Feb., 1982	Ragle	360/77.
4346413	Aug., 1982	Hack	360/77.
4347534	Aug., 1982	Kimura	360/77.
4549232	Oct., 1985	Axmear et al.	360/77.
4598327	Jul., 1986	Jen et al.	360/77.
4977471	Dec., 1990	Nigam.	
5003412	Mar., 1991	Bizjak et al.	360/77.
5055951	Oct., 1991	Behr	360/77.
5132861	Jul., 1992	Behr et al.	360/77.
5398145	Mar., 1995	Jeffers et al.	360/77.

Primary Examiner: Psitos; Aristotelis M.

Assistant Examiner: Habermehl; James L.

Attorney, Agent or Firm: Baker, Maxham, Jester & Meador

Claims

We claim:

1. A servo control system for positioning a magnetic head adjacent a surface of a moving magnetic storage medium for reading a servo pattern recorded in at least one track on the storage medium surface, the system comprising:

a head assembly having at least one servo read head for reading the servo pattern on the storage medium in a transducing direction and generating a read head signal representative of the servo pattern;

a servo decoder that receives the read head signal and decodes it to generate a position signal that indicates the position of the read head relative to the servo pattern;

a translation assembly that is activated to position the head assembly relative to the storage medium; and

a servo controller that activates the translation assembly in accordance with the position signal;

the servo decoder including means for decoding a read head signal produced from a servo pattern that comprises a cyclic sequence of magnetic flux transitions that extend continuously across the width of the track and define servo pattern stripes such that the servo read head signal varies as the magnetic head is moved across the width of the track, the stripes including at least a first azimuthal orientation and a second azimuthal orientation, such that the first

azimuthal orientation is not parallel to the second azimuthal orientation, and the servo decoder includes means for determining time intervals between a plurality of predetermined pairs of transitions in the servo pattern and generating a substantially speed invariant position signal that is a function of the time intervals.

2. A servo control system as defined in claim 1, wherein the signal decoder detects signals from the read head corresponding to magnetic flux transitions having a first flux polarity and ignores magnetic flux transitions having a second flux polarity.

3. A servo control system as defined in claim 1, wherein the signal decoder decodes a read head signal produced from a servo pattern in which the stripes are arranged in groups having a plurality of sequential stripes at the first orientation followed by a plurality of sequential stripes at the second orientation and in which the groups are separated by synchronization features.

4. A servo control system for positioning a magnetic head adjacent a surface of a moving magnetic storage medium for reading a servo pattern recorded in at least one track on the storage medium surface, the system comprising:

a head assembly having at least one servo read head for reading the servo pattern on the storage medium in a transducing direction and generating a read head signal representative of the servo pattern;

a servo decoder that receives the read head signal and decodes it to generate a position signal that indicates the position of the read head relative to the servo pattern;

a translation assembly that is activated to position the head assembly relative to the storage medium; and

a servo controller that activates the translation assembly in accordance with the position signal;

the servo decoder including means for decoding a read head signal produced from a servo pattern that comprises a cyclic sequence of magnetic flux transitions that extend continuously across the width of the track and define servo pattern stripes such that the servo read head signal varies as the magnetic head is moved across the width of the track, the stripes including at least a first azimuthal orientation and a second azimuthal orientation, such that the first azimuthal orientation is not parallel to the second azimuthal orientation, and the servo decoder includes means for determining time intervals between a plurality of predetermined pairs of transitions in the servo pattern and generating a substantially speed invariant position signal that is a function of the time intervals;

wherein the servo decoder generates a position signal value in accordance with the ratio of the read head signal time interval from a stripe of the first azimuthal orientation to a stripe of the second azimuthal orientation and the interval between two stripes of the same orientation.

5. A servo control system for positioning a magnetic head adjacent a surface of a moving magnetic storage medium for reading a servo pattern recorded in at least one track on the storage medium surface, the system comprising:

a head assembly having at least one servo read head for reading the servo pattern on the storage medium in a transducing direction and generating a read head signal representative of the servo pattern;

a servo decoder that receives the read head signal and decodes it to generate a position signal that indicates the position of the read head relative to the servo pattern;

a translation assembly that is activated to position the head assembly relative to the storage medium; and

a servo controller that activates the translation assembly in accordance with the position signal;

the servo decoder including means for decoding a read head signal produced from a servo pattern that comprises a cyclic sequence of magnetic flux transitions that extend continuously across the width of the track and define servo pattern stripes such that the servo read head signal varies as the servo read head is moved across the width of the track, the stripes including at least a first azimuthal orientation and a second azimuthal orientation, such that the first azimuthal orientation is not parallel to the second azimuthal orientation, such that the servo decoder means for decoding decodes a read head signal representative of a pattern in which the stripes are arranged in groups containing a plurality of sequential stripes at the first azimuthal orientation followed by a plurality of sequential stripes at the second azimuthal orientation.

6. A servo control system as defined in claim 5, wherein the servo decoder means for decoding decodes a read head signal produced from a servo pattern having stripes that are arranged in groups having a plurality of sequential stripes at a first orientation followed by a plurality of sequential stripes at a second orientation and that are separated by synchronization features detectable by the servo decoder.

7. A servo control system as defined in claim 6, wherein the synchronization features of the servo pattern contain information other than servo control information.

8. A servo control system as defined in claim 6, wherein the synchronization features of the servo pattern comprise transition-free spaces that are free of transitions of at least one polarity and whose minimum length in the transducing direction exceeds the maximum length in the transducing direction between consecutive transitions of that polarity within a group of stripes of the same azimuthal orientation.

9. A servo control system as defined in claim 5, wherein one or more pluralities of adjacent servo tracks on the storage medium form one or more servo track bands.

10. A servo control system as defined in claim 9, wherein adjacent servo tracks within a band are symmetric about a longitudinal centerline axis of the band.

11. A servo control system as defined in claim 5, wherein the signal decoder means for decoding detects signals from the servo read head corresponding to magnetic flux transitions having a first flux polarity and ignores magnetic flux transitions having a second flux polarity.

12. A servo control system as defined in claim 5, wherein the storage medium comprises a tape substrate having a magnetic layer in which the servo pattern is recorded.

13. A servo control system for positioning a magnetic head adjacent a surface of a moving magnetic storage medium for reading a servo pattern recorded in at least one track on the storage medium surface, the system comprising:

a head assembly having at least one servo read head for reading the servo pattern on the storage medium in a transducing direction and generating a read head signal representative of the servo pattern;

a servo decoder that receives the read head signal and decodes it to generate a position signal that indicates the position of the read head relative to the servo pattern;

a translation assembly that is activated to position the head assembly relative to the storage medium; and

a servo controller that activates the translation assembly in accordance with the position signal;

the servo decoder including means for decoding a read head signal produced from a servo pattern that comprises a cyclic sequence of magnetic flux transitions that extend continuously across the width of the track and define servo pattern stripes such that the servo read head signal varies as the servo read head is moved across the width of the track, the stripes including at least a first azimuthal orientation and a second azimuthal orientation, such that the first azimuthal orientation is not parallel to the second azimuthal orientation, such that the servo decoder means for decoding decodes a read head signal representative of a pattern in which the stripes are arranged in groups containing a plurality of sequential stripes at the first azimuthal orientation followed by a plurality of sequential stripes at the second azimuthal orientation;

wherein the servo decoder means for decoding decodes a read head signal produced from a servo pattern having stripes that are arranged in groups having a plurality of sequential stripes at a first orientation followed by a plurality of sequential stripes at a second orientation and that are separated by synchronization features detectable by the servo decoder;

wherein the synchronization features of the servo pattern comprise transition-free spaces that are free of transitions of at least one polarity and whose minimum length in the transducing direction exceeds the maximum length in the transducing direction between consecutive transitions of that polarity within a group of stripes of the same azimuthal orientation; and

wherein each pattern period of the cyclic sequence of transitions comprises a plurality of groups of stripes, each group containing stripes of a single azimuthal orientation and at least one group within a period contains a different number of stripes from the number contained within the other groups.

14. A servo control system as defined in claim 13, wherein the servo decoder means for decoding identifies individual transition-free spaces within a pattern period by counting the number of stripes detected in previous groups of stripes.

15. A servo control system as defined in claim 13, wherein each pattern period of the cyclic sequence of transitions comprises a group of four stripes at a first orientation, followed by a group of four stripes at a second orientation, followed by a group of five stripes at the first orientation, followed by a group of five stripes at the second orientation, a transition-free space occurring after each group.

16. A servo control system for positioning a magnetic head adjacent a surface of a moving magnetic storage medium for reading a servo pattern recorded in at least one track on the storage medium surface, the system comprising:

a head assembly having at least one servo read head for reading the servo pattern on the storage medium in a transducing direction and generating a read head signal representative of the servo pattern;

a servo decoder that receives the read head signal and decodes it to generate a position signal that indicates the position of the read head relative to the servo pattern;

a translation assembly that is activated to position the head assembly relative to the storage medium; and

a servo controller that activates the translation assembly in accordance with the position signal;

the servo decoder including means for decoding a read head signal produced from a servo pattern that comprises a cyclic sequence of magnetic flux transitions that extend continuously across the width of the track and define servo pattern stripes such that the servo read head signal varies as the servo read head is moved across the width of the track, the stripes including at least a first azimuthal orientation and a second azimuthal orientation, such that the first azimuthal orientation is not parallel to the second azimuthal orientation, such that the servo decoder means for decoding decodes a read head signal representative of a pattern in which the stripes are arranged in groups containing a plurality of sequential stripes at the first azimuthal orientation followed by a plurality of sequential stripes at the second azimuthal orientation;

wherein one or more pluralities of adjacent servo tracks on the storage medium form one or more servo track bands; and

wherein adjacent servo tracks on the storage medium within a band comprise patterns that are reflections of one another in a line in the transducing direction, such that all transitions in a servo track band are continuous across the width of the band.

17. A servo control system as defined in claim 16, wherein two tracks on the storage medium form a servo band that is symmetric about the center of the band in the transducing direction, each track comprising a cyclic sequence whose period is a group of four linear stripes at a first orientation, followed by a group of four linear stripes at a second orientation, followed by a group of five linear stripes at the first orientation, followed by a group of five linear stripes at the second orientation, a transition-free space occurring after each group; and

the first and second azimuthal orientations comprise supplementary angles that are symmetric about the center of the band, such that the band comprises sequential groups of four and five chevrons of opposite direction, separated by transition-free spaces.

18. A servo control system for positioning a magnetic head adjacent a surface of a moving magnetic storage medium for reading a servo pattern recorded in at least one track on the storage medium surface, the system comprising:

a head assembly having at least one servo read head for reading the servo pattern on the storage medium in a transducing direction and generating a read head signal representative of the servo pattern;

a servo decoder that receives the read head signal and decodes it to generate a position signal that indicates the position of the read head relative to the servo pattern;

a translation assembly that is activated to position the head assembly relative to the storage medium; and

a servo controller that activates the translation assembly in accordance with the position signal;

the servo decoder including means for decoding a read head signal produced from a servo pattern that comprises a cyclic sequence of magnetic flux transitions that extend continuously across the width of the track and define servo pattern stripes such that the servo read head signal varies as the servo read head is moved across the width of the track, the stripes including at least a first azimuthal orientation and a second azimuthal orientation, such that the first azimuthal orientation is not parallel to the second azimuthal orientation and the stripes are arranged in groups containing a plurality of sequential subgroups, each subgroup containing

stripes at more than one azimuthal orientation, the groups being separated by synchronization features detectable by the servo decoder.

19. A servo control system as defined in claim 18, wherein the subgroups of stripes of the servo pattern comprise pairs of stripes, each pair comprising a stripe at a first azimuthal orientation and a stripe at a second azimuthal orientation.

20. A servo control system as defined in claim 18, wherein the synchronization features of the servo pattern comprise transition-free spaces that are free of transitions of at least one polarity whose minimum length in the transducing direction exceeds the maximum length in the transducing direction between consecutive transitions of that polarity within a group of stripes of the same azimuthal orientation.

21. A servo control system as defined in claim 18, wherein the synchronization features of the servo pattern contain information other than servo control information.

22. A servo control system as defined in claim 18, wherein one or more pluralities of adjacent servo tracks on the storage medium form one or more servo track bands.

23. A servo control system as defined in claim 22, wherein adjacent servo tracks within a band are symmetric about a longitudinal centerline axis of the band.

24. A servo control system as defined in claim 18, wherein the signal decoder means for decoding detects signals from the servo read head corresponding to magnetic flux transitions having a first flux polarity and ignores magnetic flux transitions having a second flux polarity.

25. A servo control system as defined in claim 18, wherein the storage medium comprises a tape substrate having a magnetic layer in which the servo pattern is recorded.

26. A servo control system for positioning a magnetic head adjacent a surface of a moving magnetic storage medium for reading a servo pattern recorded in at least one track on the storage medium surface, the system comprising:

a head assembly having at least one servo read head for reading the servo pattern on the storage medium in a transducing direction and generating a read head signal representative of the servo pattern;

a servo decoder that receives the read head signal and decodes it to generate a position signal that indicates the position of the read head relative to the servo pattern;

a translation assembly that is activated to position the head assembly relative to the storage medium; and

a servo controller that activates the translation assembly in accordance with the position signal;

the servo decoder including means for decoding a read head signal produced from a servo pattern that comprises a cyclic sequence of magnetic flux transitions that extend continuously across the width of the track and define servo pattern stripes such that the servo read head signal varies as the servo read head is moved across the width of the track, the stripes including at least a first azimuthal orientation and a second azimuthal orientation, such that the first azimuthal orientation is not parallel to the second azimuthal orientation and the stripes are arranged in groups containing a plurality of sequential subgroups, each subgroup containing stripes at more than one azimuthal orientation, the groups being separated by synchronization features detectable by the servo decoder;

wherein one or more pluralities of adjacent servo tracks on the storage medium form one or more servo track bands; and

wherein adjacent servo tracks within a band comprise patterns that are reflections of one another in a line in the transducing direction, such that all transitions in a servo track band are continuous across the width of the band.

27. A data storage system comprising:

a magnetic storage medium having a servo pattern recorded on at least one servo track;

drive means for moving the magnetic storage medium relative to a magnetic head assembly;

a magnetic head assembly that is moved sufficiently close to a surface of the moving magnetic storage medium for reading the servo pattern recorded on the storage medium surface and for generating a servo read head signal, the magnetic head assembly including at least one data head for reading and writing data and at least one servo read head for reading servo information on tracks of the storage medium;

a servo control system for positioning the magnetic head assembly adjacent the surface of the moving magnetic storage medium for reading the servo pattern recorded in at least one track of the storage medium surface, a servo decoder that receives the servo read head signal and decodes it to generate a position signal that indicates the position of the servo read head relative to the servo pattern, a translation assembly that is activated to position the head assembly relative to the storage medium, and a servo controller that activates the translation assembly in accordance with the position signal, the servo decoder including means for decoding a servo read head signal produced from a servo pattern that comprises a cyclic sequence of magnetic flux transitions that extend continuously across the width of the track and define servo pattern stripes such that the servo read head signal varies as the magnetic head is moved across the width of the track, the stripes including at least a first azimuthal orientation and a second azimuthal orientation, such that the first azimuthal orientation is not parallel to the second azimuthal orientation and the stripes are arranged in groups containing a plurality of sequential stripes at the first azimuthal orientation followed by a plurality of sequential stripes at the second azimuthal orientation.

28. A data storage system as defined in claim 27, wherein the groups of sequential stripes at a single orientation are separated from groups of sequential stripes at other orientations by synchronization features.

29. A data storage system as defined in claim 28, wherein the synchronization features comprise transition-free spaces that are free of transitions of at least one polarity whose minimum length in the transducing direction exceeds the maximum length in the transducing direction between consecutive transitions of that polarity within a group of stripes of the same azimuthal orientation.

30. A data storage system as defined in claim 27, wherein one or more pluralities of adjacent servo tracks form one or more servo track bands.

31. A data storage system as defined in claim 30, wherein adjacent servo tracks within a band are symmetric about a longitudinal centerline axis of the band.

32. A data storage system as defined in claim 27, wherein the signal decoder detects signals from the servo read head corresponding to magnetic flux transitions having a first flux polarity

and ignores magnetic flux transitions having a second flux polarity.

33. A data storage system as defined in claim 27, wherein the system further includes means for writing the servo pattern on the storage medium.

34. A data storage system comprising:

a magnetic storage medium having a servo pattern recorded on at least one servo track;

drive means for moving the magnetic storage medium relative to a magnetic head assembly;

a magnetic head assembly that is moved sufficiently close to a surface of the moving magnetic storage medium for reading the servo pattern recorded on the storage medium surface and for generating a servo read head signal, the magnetic head assembly including at least one data head for reading and writing data and at least one servo read head for reading servo information on tracks of the storage medium;

a servo control system for positioning the magnetic head assembly adjacent the surface of the moving magnetic storage medium for reading the servo pattern recorded in at least one track of the storage medium surface, a servo decoder that receives the servo read head signal and decodes it to generate a position signal that indicates the position of the servo read head relative to the servo pattern, a translation assembly that is activated to position the head assembly relative to the storage medium, and a servo controller that activates the translation assembly in accordance with the position signal, the servo decoder including means for decoding a servo read head signal produced from a servo pattern that comprises a cyclic sequence of magnetic flux transitions that extend continuously across the width of the track and define servo pattern stripes such that the servo read head signal varies as the magnetic head is moved across the width of the track, the stripes including at least a first azimuthal orientation and a second azimuthal orientation, such that the first azimuthal orientation is not parallel to the second azimuthal orientation and the stripes are arranged in groups containing a plurality of sequential stripes at the first azimuthal orientation followed by a plurality of sequential stripes at the second azimuthal orientation;

wherein the groups of sequential stripes at a single orientation are separated from groups of sequential stripes at other orientations by synchronization features;

wherein the synchronization features comprise transition-free spaces that are free of transitions of at least one polarity whose minimum length in the transducing direction exceeds the maximum length in the transducing direction between consecutive transitions of that polarity within a group of stripes of the same azimuthal orientation; and

wherein each pattern period of the cyclic sequence of transitions comprises a plurality of groups of stripes, each group containing stripes of a single azimuthal orientation and at least one group within a period contains a different number of stripes from the number contained within the other groups.

35. A data storage system as defined in claim 34, wherein the servo decoder identifies individual transition-free spaces within a pattern period by counting the number of stripes detected in previous groups of stripes.

36. A data storage system as defined in claim 34, wherein each pattern period of the cyclic sequence of transitions comprises a group of four stripes at a first orientation, followed by a group of four stripes at a second orientation, followed by a group of five stripes at the first orientation, followed by a group of five stripes at the second orientation, a transition-free space

occurring after each group.

37. A data storage system as defined in claim 34, wherein the synchronization features contain information other than servo control information.

38. A data storage system comprising:

a magnetic storage medium having a servo pattern recorded on at least one servo track;

drive means for moving the magnetic storage medium relative to a magnetic head assembly;

a magnetic head assembly that is moved sufficiently close to a surface of the moving magnetic storage medium for reading the servo pattern recorded on the storage medium surface and for generating a servo read head signal, the magnetic head assembly including at least one data head for reading and writing data and at least one servo read head for reading servo information on tracks of the storage medium;

a servo control system for positioning the magnetic head assembly adjacent the surface of the moving magnetic storage medium for reading the servo pattern recorded in at least one track of the storage medium surface, a servo decoder that receives the servo read head signal and decodes it to generate a position signal that indicates the position of the servo read head relative to the servo pattern, a translation assembly that is activated to position the head assembly relative to the storage medium, and a servo controller that activates the translation assembly in accordance with the position signal, the servo decoder including means for decoding a servo read head signal produced from a servo pattern that comprises a cyclic sequence of magnetic flux transitions that extend continuously across the width of the track and define servo pattern stripes such that the servo read head signal varies as the magnetic head is moved across the width of the track, the stripes including at least a first azimuthal orientation and a second azimuthal orientation, such that the first azimuthal orientation is not parallel to the second azimuthal orientation and the stripes are arranged in groups containing a plurality of sequential stripes at the first azimuthal orientation followed by a plurality of sequential stripes at the second azimuthal orientation;

wherein one or more pluralities of adjacent servo tracks form one or more servo track bands; and

wherein adjacent servo tracks within a band comprise patterns that are reflections of one another in a line in the transducing direction, such that all transitions in a servo track band are continuous across the width of the band.

39. A data storage system as defined in claim 38, wherein two tracks form a servo band that is symmetric about the center of the band in the transducing direction, each track comprising a cyclic sequence whose period is a group of four linear stripes at a first orientation, followed by a group of four linear stripes at a second orientation, followed by a group of five linear stripes at the first orientation, followed by a group of five linear stripes at the second orientation, a transition-free space occurring after each group; and

the first and second azimuthal orientations comprise supplementary angles that are symmetric about the center of the band, such that the band comprises sequential groups of four and five chevrons of opposite direction, separated by transition-free spaces.

40. A data storage system comprising:

a magnetic storage medium having a servo pattern recorded on at least one servo track;

drive means for moving the magnetic storage medium relative to a magnetic head assembly;

a magnetic head assembly that is moved sufficiently close to a surface of the moving magnetic storage medium for reading the servo pattern recorded on the storage medium surface and for generating a servo read head signal, the magnetic head assembly including at least one data head for reading and writing data and at least one servo read head for reading servo information on tracks of the storage medium;

a servo control system for positioning the magnetic head assembly adjacent the surface of the moving magnetic storage medium for reading the servo pattern recorded in at least one track of the storage medium surface, a servo decoder that receives the servo read head signal and decodes it to generate a position signal that indicates the position of the read head relative to the servo pattern, a translation assembly that is activated to position the head assembly relative to the storage medium, and a servo controller that activates the translation assembly in accordance with the position signal, wherein:

the servo decoder includes means for decoding a servo read head signal produced from a servo pattern that comprises a cyclic sequence of magnetic flux transitions that extend continuously across the width of the track and define servo pattern stripes such that the servo read head signal varies as the magnetic head is moved across the width of the track, the stripes including at least a first azimuthal orientation and a second azimuthal orientation, such that the first azimuthal orientation is not parallel to the second azimuthal orientation and the stripes are arranged in groups containing a plurality of sequential subgroups, each subgroup containing stripes at more than one azimuthal orientation, the groups being separated by synchronization features.

41. A data storage system comprising:

a magnetic storage medium having a servo pattern recorded on at least one servo track;

drive means for moving the magnetic storage medium relative to a magnetic head assembly;

a magnetic head assembly that is moved sufficiently close to a surface of the moving magnetic storage medium for reading the servo pattern recorded on the storage medium surface and for generating a servo read head signal, the magnetic head assembly including at least one data head for reading and writing data and at least one servo read head for reading servo information on tracks of the storage medium;

a servo control system for positioning the magnetic head assembly adjacent the surface of the moving magnetic storage medium for reading the servo pattern recorded in at least one track of the storage medium surface, a servo decoder that receives the servo read head signal and decodes it to generate a position signal that indicates the position of the servo read head relative to the servo pattern, a translation assembly that is activated to position the head assembly relative to the storage medium, and a servo controller that activates the translation assembly in accordance with the position signal, wherein the servo decoder includes means for decoding a read head signal produced from a servo pattern that comprises a cyclic sequence of magnetic flux transitions that extend continuously across the width of the track and define servo pattern stripes such that the servo read head signal varies as the magnetic head is moved across the width of the track, the stripes including at least a first azimuthal orientation and a second azimuthal orientation, such that the first azimuthal orientation is not parallel to the second azimuthal orientation and the servo decoder determines the time intervals between a plurality of predetermined pairs of transitions in the servo pattern and generates a substantially speed invariant position signal that is a function of the time intervals.

42. A data storage system as defined in claim 41, wherein the signal decoder means for decoding detects signals from the read head corresponding to magnetic flux transitions having a first flux polarity and ignores magnetic flux transitions having a second flux polarity.

43. A data storage system comprising:

a magnetic storage medium having a servo pattern recorded on at least one servo track;

drive means for moving the magnetic storage medium relative to a magnetic head assembly;

a magnetic head assembly that is moved sufficiently close to a surface of the moving magnetic storage medium for reading the servo pattern recorded on the storage medium surface and for generating a servo read head signal, the magnetic head assembly including at least one data head for reading and writing data and at least one servo read head for reading servo information on tracks of the storage medium; and

a servo control system for positioning the magnetic head assembly adjacent the surface of the moving magnetic storage medium for reading the servo pattern recorded in at least one track of the storage medium surface, a servo decoder that receives the servo read head signal and decodes it to generate a position signal that indicates the position of the servo read head relative to the servo pattern, a translation assembly that is activated to position the head assembly relative to the storage medium, and a servo controller that activates the translation assembly in accordance with the position signal, wherein the servo decoder includes means for decoding a read head signal produced from a servo pattern that comprises a cyclic sequence of magnetic flux transitions that extend continuously across the width of the track and define servo pattern stripes such that the servo read head signal varies as the magnetic head is moved across the width of the track, the stripes including at least a first azimuthal orientation and a second azimuthal orientation, such that the first azimuthal orientation is not parallel to the second azimuthal orientation and the servo decoder determines the time intervals between a plurality of predetermined pairs of transitions in the servo pattern and generates a substantially speed invariant position signal that is a function of the time intervals; and

wherein the servo decoder means for decoding generates a position signal value in accordance with the ratio of the read head signal time interval from a stripe of the first azimuthal orientation to a stripe of the second azimuthal orientation and the interval between two stripes of the same orientation.

Description

BACKGROUND OF THE INVENTION

1. Field of the Invention

This invention relates generally to recording and reading data from magnetic storage media and, more particularly, to servo control systems that maintain the position of a magnetic head relative to tracks in magnetic storage media.

2. Description of the Related Art

The recording and reading of data in tracks on magnetic storage media requires precise positioning of magnetic read/write heads. The read/write heads must be quickly moved to, and

maintained centered over, particular data tracks as recording and reading of data takes place. The magnetic heads can record and read data as relative movement occurs between the heads and the magnetic storage media in a transducing direction. The heads are moved from track to track across the width of the tracks in a translating direction, which is perpendicular to the transducing direction.

For example, a recordable disk typically contains concentric data tracks and is rotated beneath a magnetic head. The direction of rotation defines the transducing direction. Radial movement from track to track defines the translating direction. A magnetic tape typically contains data tracks that extend along the length of the tape, parallel to the tape edges, in the transducing direction. In magnetic tape helical scan systems, however, the tape is moved beneath heads that are moved at an angle across the width of the tape, the diagonal direction defining the transducing direction.

Storage devices that read and record data on magnetic media typically use servo control systems to properly position the data heads in the translating direction. The servo control systems derive a position signal from a servo magnetic head that reads servo control information recorded in servo tracks on the storage media. Typically, the servo control information comprises two parallel but dissimilar patterns. The servo head follows the boundary between the two dissimilar servo patterns, which are recorded in alignment with the data tracks. When the servo head is centered relative to the boundary between the servo patterns, the associated read/write head is centered relative to the data track.

The servo patterns might comprise bursts of half-width magnetic flux transitions, extending halfway across the servo track, that have different phases or frequencies. These patterns are often referred to as "half tracks" because a single servo position is defined by an adjacent pair of the patterns. Generally, the servo head has a width greater than or equal to approximately one-half servo track. With a half-width servo head it is readily possible to determine which direction to move the head for centering up until the head has moved more than one-half track off center. Servo heads that are less than one-half track width would not be able to determine which direction to move as soon as the head was completely over one half of the servo track or the other. Servo heads that are greater than one-half track width are most commonly used with imbedded servo systems, which use the same read head for servo and for data. With such systems, every other pattern is made different to avoid the problem of the head running into an adjacent track pattern, which then would not be able to determine which direction in which to move.

An alternative to the half-track servo control approach is described in U.S. Pat. No. 3,686,649 to Behr, which describes a disk drive servo control system that uses servo control information comprising lines of magnetic flux transition that extend across a servo track width at two different angles from a line parallel to a disk radius. A pair of such transition lines define a control zone in the form of a symmetric trapezoid. A control head detects a positive-going pulse generated by a first transition and a negative-going pulse generated by a second transition. The signal thus generated comprises a pulsed position signal that can be compared with a reference signal to indicate how far the control head has deviated from the servo track centerline. The system is said to permit more than 200 tracks per inch on a storage disk. Nevertheless, there is a demand for disk storage devices and tape storage devices of greater and greater storage density. For example, conventional disk drives can provide 5000 tracks per inch.

The half-track servo control approach has been found to be generally satisfactory for direct access storage devices, such as disk drives. Tape storage systems operate under unique characteristics that increase the difficulty of providing higher storage densities. In magnetic tape storage systems, the storage media/magnetic head interface is not as clean as the environment typically found in disk systems and, unlike most disk systems, the magnetic tape runs

substantially in contact with the magnetic head. The relatively dirty environment and continuous contact between the media and the head, as well as the relatively large width of the servo head, produces significant wear and scratching of both the media and the servo head and produces localized build-up of contaminants on the surfaces of both. As a result, the spatial response of the servo head to the servo control information changes with time, both gradually as a result of wear over time and suddenly as a result of interaction with contaminant debris.

Changes in the servo head spatial response cause errors in the position signal, so that a position signal can indicate no track misregistration when the servo head actually is displaced from the servo track centerline. Errors in the position signal are typically difficult to detect from the position signal itself. As a result, redundant servo tracks are often used for increased reliability, wherein the servo control system uses the position signal data only if the data from two or more redundant tracks agree. Redundant servo tracks reduce the tape storage media surface area available for data recording and requires more heads and supporting electronics.

From the discussion above, it should be apparent that there is a need for a servo control system that is especially suited to the magnetic tape environment, that reduces the magnitude of position signal error due to wear on the servo head and debris, and that permits position signal errors to be detected more easily. The present invention satisfies this need.

SUMMARY OF THE INVENTION

In accordance with the present invention, a track-following servo control system in a magnetic media storage device derives head position information from one or more specially patterned servo tracks. The servo patterns are comprised of magnetic transitions recorded at more than one azimuthal orientation in a servo track, such that the timing of the servo position signal pulses derived from reading the servo pattern at any point on the pattern varies continuously as the head is moved across the width of the servo track. The timing of pulses generated by the servo read head is decoded by appropriate circuitry to provide a speed invariant position signal used by the servo system to position the data heads over the desired data tracks on the storage media.

In one aspect of the invention, the servo pattern is comprised of a repeating cyclic sequence containing two different transition azimuthal orientations. For example, the pattern may comprise straight transitions essentially perpendicular to the length of the track alternating with azimuthally inclined or sloped transitions. That is, the azimuthally sloped transitions extend across the width of a track at an angle to the head transducing direction. The relative timing of transitions read by a servo read head varies linearly depending on the head position with respect to the center of the track. Speed invariance is provided by determining the ratio of two timing intervals. In particular, the ratio can be determined by normalizing the variable time interval between dissimilar transitions with the interval measured between like transitions. Maximum dynamic range and linearity are obtained by using a read head that is narrow with respect to the width of the servo track pattern and the data track width. Synchronization of the decoder to the servo pattern is accomplished by providing periodic gaps called spacing intervals or synchronization gaps in the pattern that are recognized as pattern starting points.

In another aspect of the invention, error detection and correction are accomplished through recognition of servo pattern sequences. For example, if the servo pattern contains a predetermined number of transitions between synchronization gaps, a failure to encounter the expected number of transitions between gaps indicates faulty servo track reading. Similarly, the timing of various intervals within a servo pattern sequence must match a known format; failure to match within certain parameters indicates erroneous servo track reading. Upon detection of errors, the system may correct the false information by substituting information from a different (redundant) servo track, temporarily substituting information of an estimated value, or by other

means.

Servo patterns on a tape storage media can be generated using a multiple gap servo write head. The gaps of the head contain geometries appropriate to generate the servo pattern features described above. For servo patterns comprised of straight transitions at two different azimuthal orientations, for example, a dual gap head having one narrow straight gap at each orientation is sufficient. In one feature of the invention, the patterned gaps of the head are produced by photolithographically defined plating of permalloy material on a ferrite ring head structure. Pulses of current through the windings of the write head transfer the geometric pattern of the gaps on the head to identical magnetization patterns on the tape. Appropriate timing of the pulses generates the desired pattern sequences.

In accordance with the invention, using a servo read head that is narrow compared to the data tracks written on the storage media minimizes tracking errors due to false position signals. Defects in and wear of the servo read head or servo patterns on the storage media cause minimal position errors if the servo read head is narrow. Likewise, temporary or permanent collection of debris on either the storage media or servo read head cause minimal position sensing errors if the servo read head is narrow relative to the data track widths. The system is especially suited for use with dedicated servo tracks that are always separate from data tracks. However, the system may be used in embedded servo systems as well.

In another aspect of the invention, the servo control system detects magnetic flux transitions having a first transition polarity and ignores magnetic flux transitions having a second transition polarity. Thus, the servo control information pattern groups are timed only between transitions that have the same polarity. This avoids shifts in the timing of opposite polarities of transitions that can occur due to asymmetries in the fabrication of the servo write head, in the actual servo control information writing process, the nature of the magnetic tape, and the read heads themselves. If desired, signal-to-noise ratios can be further improved by using the redundant second set of opposite polarity transitions.

Other features and advantages of the present invention should be apparent from the following description of the preferred embodiments, which illustrate, by way of example, the principles of the invention.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

FIG. 1 is a perspective view of a tape drive storage device and associated tape cartridge constructed in accordance with the present invention.

FIG. 2 is a schematic representation of the magnetic head and servo control system of the tape drive and cartridge combination illustrated in FIG. 1.

FIG. 3 is a schematic representation of an alternative head assembly arrangement in accordance with the invention.

FIGS. 4, 5, and 6 are representations of three alternative servo patterns constructed in accordance with the present invention.

FIG. 7 is a graph of the servo information signal generated by the magnetic head illustrated in FIG. 2.

FIG. 8 is a representation of the servo head as it tracks the servo pattern illustrated in FIG. 6 and a graph of the head output signal it generates.

FIG. 9 is a representation of the servo head as it tracks an illustrated fourth alternative servo pattern constructed in accordance with the present invention and a graph of the head output signal it generates.

FIGS. 10, 11, and 12 are block diagrams of a position signal decoder for the servo control system illustrated in FIG. 2.

FIGS. 13, 14, 15, and 16 are block diagrams of an alternate position signal decoder for the servo control system illustrated in FIG. 2.

FIG. 17 is a representation of the servo head as it tracks the servo pattern illustrated in FIG. 9, along with a representation of the head output signal it generates and the corresponding A and B signal intervals.

FIG. 18 is a chart of data stored in the system illustrated in FIG. 13 for use with demodulating the servo pattern illustrated in FIG. 17.

FIG. 19 is a representation of a drum system for recording the servo patterns onto magnetic storage tape.

FIG. 20 is a representation of the magnetic flux transitions that can be recorded onto a portion of magnetic tape by the system illustrated in FIG. 19.

FIG. 21 is a representation of a multi-gap head that can record the servo pattern illustrated in FIG. 9.

FIG. 22 is a cross-section of the head illustrated in FIG. 21.

FIG. 23 is a plan view of the servo pattern gap region of the head illustrated in FIGS. 21 and 22.

FIG. 24 is a schematic representation of a servo write head writing a magnetic tape constructed in accordance with the invention.

FIG. 25 is a schematic representation of a recording system for producing a magnetic tape in accordance with the present invention.

FIG. 26 is a schematic diagram of the recording system illustrated in FIG. 25.

DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

FIG. 1 shows a timing based servo tape system 10 constructed in accordance with the present invention. The system includes a tape drive 12 that accepts a tape data cartridge 14 and is connected to a host processor 16 by a data cable 18. The tape cartridge comprises a housing 19 containing a loop of magnetic tape 20. The system is constructed for use with servo control information comprising a repeating servo pattern of magnetic flux transitions that are recorded in tracks on the magnetic tape 20 in the data cartridge and extend across the width of the tracks such that a servo position information signal generated by reading the servo control information varies continuously as a magnetic servo read head is moved across the width of a track in a translating direction, thereby indicating the relative position of the head within the track. The tape drive 12 can read the servo control information and generate a position signal to control the position of an associated data read head, or can write the servo control information into tracks on a data cartridge using a magnetic servo write head, or can do both. The system is optimized for the magnetic tape environment, so that the magnitude of the position signal error due to wear and debris is reduced and such errors are easier to detect.

The tape drive 12 includes a receiving slot 22 into which the cartridge 14 is inserted. The host processor 16 can comprise, for example, a personal computer such as the IBM Corporation "PS/2" personal computer, or can be a workstation such as the IBM Corporation "RS6000" workstation, or can be a mini computer, such as the IBM Corporation "AS400" computer. The tape drive 12 preferably is compatible with such host processors and, for example, tape library systems that employ tape cartridges, such as IBM Corporation "3480" and "3490" tape drive units. The tape cartridge 14 can assume any one of a variety of cartridge formats, including, for example, conventional 8 mm, 4 mm, 1/4-inch, and 1/2-inch data cartridge formats.

FIG. 2 is a view looking down on a portion of the magnetic tape 20 of the cartridge 14 (FIG. 1) past a head assembly 24 of the tape drive unit 12. The tape is shown in phantom with dashed lines where it passes beneath the head assembly. The head assembly is shown in solid lines and includes a relatively narrow servo read head 26 that detects a servo pattern recorded in a servo track 27 of the tape. Also shown, for purposes of illustrating relative size, is a data read head 28 of the head assembly that is positioned over a data track region 29 of the tape containing multiple data tracks for reading data recorded in a data track. FIG. 2 shows a single servo read head and a single data read head for simplicity of illustration. Those skilled in the art will appreciate that most tape systems have multiple servo tracks, multiple servo read heads, and multiple data read and write heads.

In FIG. 2, the servo track centerline 30 is indicated, extending along the length of the tape 20. FIG. 2 shows that the servo read head is relatively narrow and has a width substantially less than the width of the servo track 27. In particular, in the preferred embodiment the servo read head has a width that is less than one-half the width of a single data track (not illustrated), which typically is more narrow than a servo track.

In FIG. 2, the transducing direction of tape-head relative movement, in which the servo read head 26 can read the servo pattern, occurs when the tape 20 is moved linearly with respect to the head, along the length of the track 30. When such movement occurs, the servo pattern of magnetic flux transitions is detected by the servo read head so that it generates an analog servo read head signal that is provided via a servo signal line 34 to a signal decoder 36. The signal decoder processes the servo read head signal and generates a position signal that is delivered via a position signal line 38 to a servo controller 40. The servo controller generates a servo mechanism control signal and provides it via a control line 42 to the head assembly 24. A servo mechanism of the head assembly responds to the control signal from the servo controller by moving the head 26 laterally across the width of the servo track 30 in the translating direction. The servo controller 40 monitors the position signal from the signal decoder 36 and generates the control signal necessary to reach the desired position, so that the control signal equals the signal when the head is at the desired target.

FIG. 3 shows a multiple servo track, multiple head system constructed in accordance with the present invention. The system is similar to that shown in FIG. 2 with the following exceptions. The FIG. 3 head assembly 24' includes a data read head 28a and a data write head 28b for reading and writing data, respectively, in a data track of the tape data region 29. The tape 20' illustrated in FIG. 3 includes a second servo track 27' in addition to the first servo track 27, the servo tracks being placed on opposite sides of the data region 29. The centerline 30' of the second servo track also is shown. FIG. 3 shows that the head assembly 24' also includes a second servo read head 26' for reading servo information recorded in the second servo track 27'. It should be noted that the head assembly 24' produces two servo signals, one for each servo read head. The head assembly provides the servo signal from the first servo read head 26 over a signal line 34 to a corresponding decoder 36 and provides the servo signal from the second servo read head 26' over a second signal line 34' to a corresponding decoder 36'. These respective decoders provide their position signals to the servo controller 40. It should be noted

that most tape systems include a multiplicity of data read and write heads and that only a single pair are shown in FIG. 3 for purposes of illustration.

As noted above, servo patterns in accordance with the present invention comprise magnetic flux transitions that extend across the width of the servo track such that the servo read head signal produced by reading the pattern varies continuously as the servo read head is moved across the width of each servo track. FIGS. 4, 5, and 6 show alternative embodiments of servo patterns in accordance with the present invention. Those skilled in the art will recognize that the dark vertical bands, hereafter called stripes, represent magnetized areas of recorded magnetic flux that extend across the width of a servo track and that the edges of the stripes comprise flux transitions that are detected to generate the servo read head signal. The transitions have two magnetic polarities, one on each edge of a stripe. When the servo read head crosses a transition, it produces a pulse whose polarity is determined by the polarity of the transition. For example, the servo head might produce positive pulses on the leading edge of each stripe (on encountering a stripe) and negative pulses on the trailing edge (on leaving a stripe). Each servo pattern comprises a repeating sequence of different stripes having at least two orientations across the width of the track such that the first orientation is not parallel to the second orientation.

For example, in FIG. 4, the servo pattern 44 comprises an alternating sequence of first stripes 46 that extend across the width of the track substantially perpendicular to the transducing direction of a track and second stripes 48 that have an azimuthal slope with respect to the read head. That is, the second stripes are at a slope relative to the lengthwise track centerline 49. The pattern 50 illustrated in FIG. 5 comprises an alternating sequence of straight first stripes 52 that are oriented perpendicular to the track centerline and chevron-shaped second stripes 54 having two legs each with an azimuthal slope symmetrically from the other about the track centerline 55. That is, the pattern 50 comprises a band that can be characterized as being formed from two tracks that are reflections of each other, each track including one leg 54a or the other 54b of the chevrons. The FIG. 6 pattern 56 comprises chevron-shaped first 58 and second 60 stripes that are placed back-to-back so as to form a diamond-shaped pattern that is symmetric about the track centerline 62. It should be apparent that this pattern 56 also can be characterized as a servo band comprised of two servo tracks reflected about a band centerline.

With each one of the servo patterns 44, 50, 56 illustrated in FIGS. 4-6, a magnetic servo read head that is positioned above the tape 20 as the tape is moved linearly with respect to the head in the transducing direction generates an analog servo read head signal having peaks whose peak-to-peak timing varies as the head is moved across the width of the track in the translating direction. As described more fully below, the variation in timing is used to determine the relative position of the magnetic servo read head within the servo track.

The servo patterns 44, 50, 56 illustrated in FIGS. 4-6 include first and second stripes that define first and second intervals, referred to as A intervals and B intervals, respectively, that are used to generate a position signal that is independent of tape speed. The position signal is generated by timing the intervals and calculating their ratio. For these patterns, an A interval is defined as the interval along the tape transducing direction from a stripe of one type to the next stripe of the other type, while a B interval is defined as the interval along the tape transducing direction between two stripes of the same type. It should be clear that the timing intervals from stripe to stripe will vary as the servo read head is moved in the translating direction, across the width of the track. It also should be noted that only the A intervals vary; the B intervals are constant, regardless of position.

Thus, in FIG. 4, the first A interval, which will be referred to as A1, extends from the first perpendicular stripe to the first stripe having an azimuthal slope and the first B interval B1 extends from the first perpendicular stripe to the next perpendicular stripe. Subsequent servo

pattern intervals A2, A3, . . . and B2, B3, . . . can be similarly defined. In FIG. 5, the first A interval A1 extends from the first perpendicular stripe to the first chevron-shaped stripe while the first B interval B1 extends from the first perpendicular stripe to the second perpendicular stripe. The second A interval, A2, extends from the second perpendicular stripe to the second chevron-shaped stripe. The second B interval, B2, extends from the second perpendicular stripe to the third perpendicular stripe. In FIG. 6, the first A interval A1 extends from the first chevron, comprising the left side of a first diamond, to the next chevron, comprising the right side of the first diamond, while the first B interval B1 extends from the left side of the first diamond to the left side of the second diamond. The second A interval A2 extends from the left side of the second diamond to the right side of the second diamond. The second B interval B2 extends from the left side of the second diamond to the left side of the third diamond. It should be noted that the last stripe is not used to define an interval.

A servo control system constructed in accordance with the present invention provides a means of determining the position of the servo read head relative to the beginning and ending of the servo pattern. Determination of the position within the pattern permits the system to know the nature of the next stripe that will be read and to perform error detection and, if desired, error correction. In terms of the first servo pattern 44 illustrated in FIG. 4, for example, the system will know whether the next stripe to be read is a straight transition or is an azimuthally sloped transition. In the preferred embodiment, the position determination is provided by a periodic synchronization feature in the servo pattern that is detected by the servo decoder.

In the patterns illustrated in FIGS. 4, 5, and 6, the synchronization feature comprises spacing intervals between groups of stripes. The spacing intervals are transition free, so that no stripes occur in the transducing direction for an interval greater than the maximum interval between any two stripes within a group. If desired, information other than servo control pattern data can be placed in the spacing intervals. For example, if the gaps between stripes have at least two different lengths, information may be written in the synchronization feature spacing intervals as a serial code of gap lengths. Such information might be used to indicate data block locations, tape longitudinal position, or other information useful to the operation of the drive. The servo control system can be synchronized with the spacing intervals to provide position determination because the system will know that the next magnetic flux transition after a spacing interval is a perpendicular group stripe. The groups of stripes between successive spacing intervals are referred to as "servo bursts". Each servo burst contains a predetermined number of stripes and transitions, which can be used in error detection and correction, as described further below. The number of stripes per burst provides adequate servo control synchronization while efficiently using the tape media, such that a synchronization feature is not needed after every pair of different stripes for proper synchronization.

For example, in FIG. 4, a first servo pattern group 66 and a second servo pattern group 68 are illustrated. The first and second servo pattern groups are separated by a synchronization feature comprising a spacing interval 70. The spacing interval extends along the tape in the transducing direction for an interval greater than an A interval, which is the interval from a stripe of the first perpendicular orientation to a stripe of the second azimuthally sloped orientation. Similarly, FIG. 5 shows a spacing interval 72 between the servo bursts 74, 76 and FIG. 6 shows a start gap 78 between servo bursts 80, 82. As noted above, information other than servo control pattern data is written in these intervals.

To reduce the chance of head irregularities and control system anomalies from distorting the servo read head signal, the servo control system in accordance with the present invention times the A and B intervals only between magnetic flux transitions having the same polarity. This is done because, for example, asymmetries in the fabrication of the servo write head, variations in the actual servo writing process, and other difficulties due to the nature of the tape itself or of the read heads can cause apparent shifts in the timing of transitions having opposite polarities.

Timing only between transitions of like polarity eliminates timing errors due to differences between the polarities. For example, only transition pulses such as generated by the read head in moving across the leading edge of a stripe might be used. Transition pulses generated by moving across the trailing edge of a stripe are ignored.

The signal-to-noise ratio can be further improved by using the redundant set of second transitions of opposite polarity. In such a case, a redundant servo pattern decoding system would be provided to decode the position signal separately from the magnetic flux transitions of both polarities. For purposes of this detailed description, the decoding system associated with one polarity will be described. It should be understood, however, that a similar decoding system could be provided for the transitions having opposite polarity.

FIG. 7 shows a graph of the analog servo read head signal 84 generated by the magnetic head illustrated in FIG. 2 as it reads the servo pattern illustrated in FIG. 4. FIG. 7 shows that a first servo read head signal peak 86 occurs as the servo read head crosses the leading edge of the first stripe of FIG. 4. A first negative peak 88 in the servo read head signal occurs as the servo read head crosses the trailing edge of the first stripe in FIG. 4. This second transition polarity is ignored. The remaining description of the servo control system will relate to detecting only the positive peaks of the servo read head signal.

FIG. 8 illustrates the diamond pattern of FIG. 6 showing a path 90 followed by the servo read head and, below it, the corresponding servo read head signal 92 generated by the magnetic servo read head as it crosses the servo pattern stripes, with the A and B intervals indicated. As described above, each successive A interval is referred to as A1, A2, and so on and the B intervals are similarly referred to as B1, B2, and so on. FIG. 8 illustrates that a positive peak is generated for each stripe crossed and defines the pattern intervals, whereas the downward peaks are ignored in determining the timing intervals for generation of the position signal. FIG. 8 indicates that the servo pattern is approximately 408 microns across and 434 microns long.

FIG. 9 shows an alternative nested, or interleaved, diamond pattern 94, with a representation of the path 96 followed by the servo read head, beneath which is a representation of the head output signal 97 generated as the head crosses the servo pattern bands, illustrating the A and B intervals. The interleaved diamond pattern comprises a sequence of five interleaved diamonds, formed by a band of chevron-shaped transitions, which is followed by four interleaved diamonds. This sequence is repeated to form the servo pattern.

The groups of five diamonds and four diamonds illustrated in FIG. 9 are separated by relatively short spacing intervals 99 that are wider at their narrowest point than the maximum separation between any two like stripes within an interleaved group and between any two diamond groups. It also should be apparent that another type of pattern gap having no transitions is located in the FIG. 9 pattern internal to a group of diamonds. These internal gaps 98 can be readily distinguished by control circuitry of the decoder because they occur between a sequence of four diamonds and five diamonds, or between a sequence of five diamonds and four diamonds. In contrast, the spacing intervals 99 can be recognized because they occur only after two sequences of stripes having an equal number of stripes, such as after two 4-stripe groups or after two 5-stripe groups.

The servo pattern of the preferred embodiment is given by FIG. 9. The dimensions are as follows: The stripe width in the transducing direction is 2.5 μm . The period of stripes within a group is 5 μm . The width of the servo pattern perpendicular to the transducing direction is 408 μm , divided into two symmetric halves of width 204 μm . The stripes are inclined at an angle of 7.4 degree relative to a line perpendicular to the transducing direction. In the following dimensions, all lengths are measured from the leading edge of a stripe to a leading edge of another stripe: the spacing interval 99 between diamonds is 10 μm at the closest approach;

the internal gap 98 in a four-diamond group is 15 .mu.m; the internal gap 98' in a five-diamond group is 10 .mu.m.

FIG. 9 illustrates that an A interval is defined to extend from a stripe on the left side of a diamond to a corresponding stripe on the right side of the diamond. For example, the first A interval A1 extends from the first stripe of the left side of the first diamond to the first stripe of the right side of the first diamond. The corresponding B interval extends from a stripe on the left side of a diamond to the corresponding stripe on the left side of the next diamond.

The pattern 94 illustrated in FIG. 9 makes maximum use of the track length to generate a position signal. The pattern repeats every 221 microns, thus, the sampling period is only 221 microns long, as compared with the longer sampling periods of the other illustrated servo patterns. Because each interleaved diamond of the FIG. 9 servo pattern contains a predetermined number of stripes, the synchronization feature spacing interval can be detected by counting the number of stripes passed by the servo read head. Grouping the pattern into groups of four diamonds followed by five diamonds permits the decoder to determine the location of the head relative to the track in the transducing direction. More particularly, the decoder can synchronize itself, even if it misses a stripe, because it can expect that, after it receives two bursts of five stripes, it next will receive two bursts of four stripes, then two more bursts of five stripes, and so forth. This advantageously permits a relatively simple error detection and correction scheme to be implemented.

The dimensions of the pattern 94 illustrated in FIG. 9 represent a preferred design which balances three servo requirements: servo pattern width, sample rate, and position signal noise. The pattern width (indicated in FIG. 9 as 408 microns) determines the range of the servo read head signal. This range can be the width of several data tracks (not illustrated). In this embodiment the servo pattern width is equal to approximately eight data track widths so that one servo read element can be used to position a given data read head element over eight different data tracks.

The sample rate of the servo read head signal is determined by the length of the servo pattern and the tape speed. In the preferred embodiment, the servo pattern is 221 microns long. It yields two data points in that space, one at the end of the interval B4 and one at the end of the interval B8. At atypical tape speed of approximately 2.0 m/s, this yields a sample rate of 18,100 samples per second. The sample rate requirement is determined by the rest of the components of the track-following servo loop. If the sample rate is too low, the dynamic response of the loop must be relaxed in order to maintain enough phase margin in the system for adequate control loop stability.

The position signal noise is determined by three factors: the noise in the measurement of the transition interval times, the number of transition interval times measured per sample, and the scaling factor which converts transition interval time to position signal. The noise in the measurement of the transition interval times is governed by such factors as media noise and electronics noise and is largely independent of the pattern dimensions. The noise is considered a constant in this discussion. The number of transitions measured affects the position signal noise because of averaging. In the illustrated FIG. 9 pattern 94, four A- and B-intervals are measured per sample. In the decoder, these four measurements are averaged together to produce the position signal for the sample. Including more stripes and therefore more transitions in the pattern will lower the noise by increasing the averaging, but will also require a longer pattern, which lowers the sample rate. The scaling factor that converts transition interval time to position signal is given by the slope of the stripes.

As the stripe transitions are sloped more azimuthally away from being perpendicular to the servo track centerline, the timing between transitions will vary more with servo head position. These

larger timing differences lower the noise in the position signal. Increased slopes, however, also make the servo pattern longer, lowering the sample rate. It should be noted that increased slopes decrease the signal strength from the servo read head because of azimuth loss, which affects the noise in the measurement of the transition times. All of these factors should be considered when determining the optimal servo pattern for a given application. The pattern 94 illustrated in FIG. 9 represents a preferred design, however, different design objectives can be readily addressed by those skilled in the art by adjusting the pattern layout and dimensions.

FIGS. 10, 11, and 12 show block diagrams of the signal decoder 36 illustrated in FIG. 2. As described further below, the decoder preferably includes error detection and correction circuitry. Those skilled in the art will appreciate that these two functions can be provided in the same circuit or can be provided by separate circuit modules. FIG. 10 shows that the decoder 36 receives the analog servo read head signal, such as illustrated in FIG. 7, from the servo read head via the line 34 and converts the signal into pulsed logic signals using a peak detector 102. In the preferred embodiment, the output signal from the peak detector goes high on a positive-going transition (leading edge) and goes low on a negative-going transition, permitting the decoder to distinguish between the two polarities.

As noted above, the position signal is decoded by a digital signal decoder 36 (FIG. 2). The function of the decoder is to measure the A and B time intervals and perform the necessary calculations to make the position signal available to the remainder of the servo control system. Additionally, error detection and correction may be applied within the decoder. Those skilled in the art will recognize that while the decoder design and operation must be tailored for the particular servo track pattern used, there are many ways to accomplish the function through various hardware and software approaches. For illustrative purposes, a decoder and error correction circuit is illustrated in FIGS. 10 and 11, for use with simple patterns of the type shown in FIG. 4.

FIG. 7 shows the analog signal derived from a servo read head as a result of reading a pattern as shown in FIG. 4. As shown in FIG. 10, this analog signal is converted to a digital signal by a peak detector 102. The output of the peak detector switches from logic "low" to logic "high" upon detection of positive peaks, and from "high" to "low" at negative peaks. The decoder is designed to trigger the timing of all intervals from only one polarity of peaks, which correspond to a single polarity of magnetic transition, as discussed previously.

In the decoder, a number of counters serve as timers for synchronization and interval timing purposes. A start counter 104 detects start gaps 70 (see FIG. 4) by looking for transition-free intervals longer than the maximum allowed within a burst. When a start gap is detected, synchronization and control circuits 111 are reset to begin decoding a new burst. As each peak in the servo pattern is encountered, the appropriate counters are enabled and reset to time the appropriate A and B intervals. A single "X" counter 106 times each A interval. Because consecutive B intervals are contiguous, and a finite time is required to output a counter total and reset a counter, two "Y" counters Y1 108 and Y2 110 alternate in timing the B intervals. The desired position signal is the ratio of A and B, which is calculated in this example circuit as follows: Because full digital division requires extensive circuitry, it is advantageous to use a multiplier in combination with a ROM look-up table when the expected range of B values is small (assuming tape speed varies over a limited range). The B value (output of one of the two Y counters) is selected by a Y1/Y2 counter selector 112 and is converted to a 1/B value by a ROM table 116, whose output is multiplied by A in a multiplier 114. Thus, the raw position signal 118 comprises the value A/B at the completion of each pair of A and B values (eight times in each burst).

FIG. 11 shows a block diagram of a practical error detection and correction circuit to accompany the decoder shown in FIG. 10. The illustrated circuitry performs error checking on each burst,

and outputs a single position signal value for each burst. In the event no error is found, the burst output is the average value of the eight individual A/B values found within the burst. If an error is detected, a simple scheme is used to replace the current false burst output value with the most recent error-free value. These functions are accomplished as follows: A transition counter 120 counts the number of transitions occurring in each burst. Experimentally it has been determined that most errors involve accidental detection of an extra transition, or failure to detect a legitimate transition, due to noise, dropouts, debris, or other causes. When such errors occur, the transition counter 120 will count a number of transitions per burst other than the correct number (eighteen in this example), and will output an error signal. Additional error detection is accomplished by comparing the successive values of the eight A/B values generated within teach burst. A deviation accumulator 124 sums four of the eight A/B values, and subtracts the remaining four, giving a deviation result that indicates the degree of inequality of the eight values. If this deviation value exceeds certain preset boundaries, a deviation limits detector 126 produces an error signal. These error signal are processed by an error gate/control logic 121. When no error is detected, the logic produces a burst data ready signal on a line 122 that pulses to indicate the availability of good burst data from a burst average accumulator 128. If an error is detected, the new burst average data is rejected, and replaced with the most recent error-free value. This is accomplished with a latch 130 that causes the last good burst average value from the accumulator 128 to be provided to a data selector 132. A burst error line 123 indicates whether the current output value is a new error-free value or a previous held value.

The servo control system makes use of the burst error line 123 and the burst data ready line 122 to determine whether the position signal integrity is sufficient for adequate servo control operation. For example, the system may reject position data after a certain number of consecutive errors are detected, or after a predetermined time interval is exceeded without new error-free data. When such error conditions occur, the system may choose to accept position signal data from another redundant servo track or, if no servo tracks are producing error-free data, the system may prevent data writing, so as to avoid possibly writing new data off-track and accidentally erasing desired data on adjacent tracks. Such an arrangement is illustrated in FIG. 12.

The circuitry illustrated in FIG. 11 can accomplish error correction merely by substituting the most recent error-free value whenever an error is detected. Those skilled in the art will recognize that other algorithms, such as substitution of an estimated current value, may offer certain advantages for the servo control system.

FIG. 12 shows a block diagram of a discriminator circuit 140 that determines whether the burst data signal should be considered valid or invalid. The burst data ready signal is received over the line 122 by a time-out timer 142 and a consecutive error counter 144. Burst error determinations are received from an error gate/control such as that illustrated in FIG. 11. If the time-out timer 142 does not receive an error-free servo burst signal during a predetermined time interval, then the time-out timer provides an error signal to an error gate 146. If the consecutive error counter 144 counts a predetermined number of consecutive bursts having an error, then it provides an error indication to the error gate. If neither the time-out timer nor the consecutive error counter indicate an error to the error gate, then the decoded signal is considered valid. A latch 148 then sets a data valid signal 150 to a high level, indicating a valid output.

The decoder described in connection with FIGS. 10-12 is a relatively simple case that illustrates the principles of timing-based servo pattern decoding and error detection and correction. The preferred embodiment of the invention uses the interleaved pattern shown in FIG. 9, which has been optimized for a combination of wide servo track width, high signal-to-noise ration, high sampling rate, and good error detection capability.

The preferred embodiment of a signal decoder constructed in accordance with the present invention is illustrated in block diagram form in FIGS. 13-16. FIG. 17 shows the path of a servo read head over a portion of the servo pattern from FIG. 9 along with the resulting analog signal received by the servo read head and the A and B intervals to be timed. The pattern consists of alternating bursts of four and five interleaved diamonds, separated by start gaps that exceed, at their narrowest points, the length of any gaps encountered within bursts. This combination of alternating groups of four and five stripes separated by recognizable gaps provides periodic synchronization information for the decoder. Because the intervals to be timed are interleaved and, in the case of B intervals, are contiguous, the decoder is divided into two subdecoders indicated by a suffix of "1" or "2" that alternate in producing position signal information, each outputting every other position signal value. Each of these subdecoders times four A and four B intervals, which are shown in FIG. 17. The timing points labeled CLR1, CLR2, OUT1, and OUT2 in FIG. 17 indicate the time points when each subdecoder is cleared and when each produces a position signal value. The main circuitry of the subdecoders, including interval timing circuitry and error detection circuitry, is shown in FIGS. 13-16. The circuitry shown includes error detection, but does not include error correction; this is assumed to be handled by the servo controller, using principles similar to those discussed above. Likewise, the quotient A/B is not calculated in this decoder; the servo controller performs this function. The details of such circuitry can be readily determined by those skilled in the art, in conjunction with this description.

While the interleaved A and B intervals could be timed with individual dedicated counters, the same function may be performed by a single accumulator in each subdecoder. For example, the timing of A values in the first subdecoder is accomplished as follows: An X1 accumulator is initially cleared (by CLR1) to a zero value. A transition counter TC1 keeps track of the head location within the servo pattern (determined by how many stripes have been crossed). When the location in the pattern is outside of the A intervals, an X1 increment ROM produces a value of zero to the X1 accumulator, holding its value at zero. At other points in time, the transition counter TC1 and increment KOM X1 provide to the X1 accumulator an increment value equal to the number of A intervals currently being timed. The X1 accumulator adds this number to its total on each clock cycle. In this way, the X1 accumulator serves the role of multiple parallel timers.

It should be noted that the X1 accumulator contains the sum of four A values after the intervals are complete; this is the desired A output value for the burst group. In a similar manner as described above, a Y1 accumulator sums the four B intervals. A deviation accumulator D1 alternately adds and subtracts both the A and B intervals in a manner such that its sum is zero if all A intervals have equal length and all B intervals have equal length. The extent to which these equalities do not hold causes the sum in the D1 accumulator to deviate from zero. Comparators labelled DEV MAX and DEV MIN determine whether the deviation has exceeded predetermined boundaries, which indicate an error condition. Error checking also includes transition counting, which is accomplished by two magnitude comparators 1 and 2. Because the total number of transitions expected is different (either 13 or 14) for each subdecoder, separate counters and magnitude checkers are provided for each. Selection of which subdecoder is currently in use is determined by the SELECT signal. This signal, as well as others depicted in FIG. 13, will be described in conjunction with FIGS. 14-16.

The DATA GOOD signal shown in FIG. 13 indicates whether an error condition has been detected either by the transition counters TC1, TC2 or the deviation limit circuits DEV MAX and DEV MIN for the values currently being produced on XOUT and YOUT data lines at the time of a DATA READY pulse (FIG. 16). The state of the DATA GOOD line is used by the servo controller for error correction purposes.

FIG. 14 illustrates the generation of the PK signal as well as three other intermediate signals,

namely, a GAP, FOUR, and FIVE signal. The PK signal is generated by a conventional peak detector 160 that typically is used in magnetic disk or tape drives to convert an analog signal into digital pulses. The peak detector 160 differs slightly from those used in most conventional drives in that it produces a pulse only on positive-going peaks. Typical peak detectors used in magnetic drives usually produce a pulse on both positive-going and negative-going peaks. The peak detector 160 used in the preferred embodiment should be well-known to those skilled in the art and needs no further explanation.

The output of the peak detector comprises the PK signal, which is provided to the circuitry illustrated in FIG. 13 and also is provided to a down counter 162. The down counter also receives a clock signal 163 from a system clock and receives a GAP length signal, which can be set by a user to a predetermined value, for example, corresponding to the separation between stripes in a diamond of FIG. 9. A GAP signal comprises a pulse generated by the down counter whenever a time interval is detected beyond a predetermined gap length without a pulse from the peak detector 160. That is, the down counter times out, or counts down to zero, if no PK pulse is detected after the gap length amount of time. For a given tape speed and servo pattern size, a suitable gap time limit is chosen. In the preferred embodiment, the tape speed is approximately 2.0 meters per second and the pattern comprises groups of four and five stripes 5 .mu.m apart, and the preferred time limit is selected to be 3.75 msec. As a result, the generated GAP signal comprises a pulse at each gap between the groups of four and five servo pattern stripes. As noted above, the spacing intervals 99 (FIG. 9) can be readily distinguished from the internal pattern gaps 98 based on keeping track of the number of diamond stripes encountered. This is described further below.

The PK signal and the GAP signal are used to produce the FOUR and FIVE signals, respectively. The FOUR signal goes high whenever four servo pattern stripes are detected after a pattern gap. The FIVE signal goes high whenever five servo pattern stripes are detected after a gap. An up counter 164 receives the PK signal at a clock input and receives the GAP signal at a clear input. The up counter provides its counting output to the input lines of a 3-to-8 line decoder 166. In a manner well-known to those skilled in the art, the 3-to-8 line decoder produces the FOUR and FIVE pulse signals.

FIG. 15 shows how the FOUR, FIVE, and GAP signals are used to produce the main control signals OUT1, OUT2, CLR1, and CLR2. For the pattern illustrated in FIG. 9, the OUT1 and OUT2 signals are generated at every spacing interval 99, whereas the CLR1 and CLR2 signals are generated at the internal gaps 98. An array of flip-flops are used in conjunction with two OR gates to produce the control signals. The GAP signal is provided to the clock input of the four flip-flops 172, 176, 178, 188. The inverse FIVE signal is provided to the first flip-flop 172 and to an OR gate 174. The OUT1 signal produces a single pulse whenever a gap is detected after two FIVE pulses. Thus, the Q output of the first flip-flop 172 is provided to the other input of the OR gate 174, whose output is provided to the D-input line of a third flip-flop 178, and the inverse Q output of the first flip-flop 172 is provided as the clock input to a fourth flip-flop 180. The D-input of the fourth flip-flop is grounded. A fifth flip-flop 182 receives the Q output signal from the third flip-flop 178 and also receives a system clock signal at its clock input. The fifth flip-flop produces the OUT1 signal from its inverse Q output line.

The CLR2 line produces a single pulse whenever a GAP signal is detected after exactly one FIVE signal pulse. Thus, the Q output from the fourth flip-flop 180 is received at the D-input line of a sixth flip-flop 184, which also receives the system clock signal at its clock input. The inverse Q output of the sixth flip-flop provides the CLR2 signal.

The OUT2 signal line produces a signal pulse when a GAP signal occurs after two FOUR signals, while the CLR1 line produces a signal pulse when a GAP signal occurs after exactly one FOUR signal. As illustrated in FIG. 15, this can be provided by connecting the inverted FOUR signal to

one input of an OR gate 186 and also to the D-input of the second flip-flop 176. The output Q of the second flip-flop 176 is provided to the other input line of the OR gate 186. The output of the OR gate is provided as the D-input to a seventh flip-flop 188. The GAP signal is provided as the clock input to the seventh flip-flop. The Q output of the seventh flip-flop 188 is provided as the D-input to a ninth flip-flop 190. The ninth flip-flop receives the system clock signal at its clock input line. The inverted Q output from the ninth flip-flop 190 produces the OUT2 signal.

The CLR1 signal is produced by a ninth flip-flop 192 whose D-input is grounded and whose clock input is received from the inverted Q input of the second flip-flop 176. The Q output of the ninth flip-flop is provided to the D-input of a tenth flip-flop 194. The tenth flip-flop receives the system clock signal at its clock input line. The inverted Q input of the tenth flip-flop 194 comprises the CLR1 signal.

FIG. 16 illustrates how a SELECT signal is generated and how a data-ready (DR) signal is generated. Whenever an OUT1 or OUT2 signal pulse occurs, data is ready to be output. That is, the servo head is at the end of one diamond pattern, either a group of four interleaved diamonds or a group of five interleaved diamonds. The SELECT signal is used to select the proper registers and data ready pulses. The SELECT signal is produced from a J-K flip-flop 196 with its J input line connected to the OUT2 signal and its K input line connected to the OUT1 signal. The clock input of the J-K flip-flop is connected to the system clock signal. The Q output of the J-K flip-flop 196 produces the SELECT signal. The OUT1 and OUT2 signals are connected to the input lines of an OR gate 198, whose output produces the data-ready (DR) signal.

The generation of the position signal relative to the interleaved diamond pattern illustrated in FIG. 9 will be better understood with reference to the following drawings: FIG. 13, the logic circuit that illustrates the generation of the position signal signals; FIG. 17, the representation of the interleaved diamond pattern and output signal; and FIG. 18, a chart illustrating the generation of the output signals and clear signals. As indicated in FIG. 13, the position signal comprises alternating values designated XOUT and YOUT. As noted above, FIG. 13 shows that there are two completely redundant signal generation systems, identified by a "1" suffix and "2" suffix, which take turns producing the XOUT and YOUT values. Thus, one XOUT value is generated by the X1 elements, followed by a YOUT value generated by the Y1 elements, followed by a next XOUT value from the X2 elements, a next YOUT value from the Y2 elements, a next XOUT value from the X1 elements, and so forth. The sequence of values comprises the position signal. The description of the circuit operation initially will refer only to the first of the redundant signal generation systems, indicated by a "1" suffix.

The position signal is the sum of four A-interval values divided by the sum of four B-interval values described above in connection with FIGS. 4-6 and FIGS. 8 and 9. The accumulators X1, X2, Y1, and Y2 shown in FIG. 13 can perform the division, or multiplication by reciprocals, of the A and B values and then add the quotients, or can calculate the sums and then perform the division operation, to generate the XOUT and YOUT values. The A intervals and B intervals are graphically represented in FIG. 17.

FIG. 17 shows that the A intervals A1, A2, A3, and A4 overlap one another in time, as do the corresponding B intervals B1, B2, B3, and B4. A separate counter could be used to time each A and B interval; however, this approach would require eight counters. As noted above, in the preferred embodiment, the summation is instead achieved using two parallel signal generation systems having paired accumulators. As illustrated in FIG. 13, the first signal generation system includes two paired accumulators X1 and Y1, while the second signal generation system includes two accumulators X2 and Y2. Each accumulator has input lines for "clear" and "increment", and it should be understood that each also receives a clock input (not illustrated). With each clock cycle, the accumulator adds the amount of the increment obtained from an increment KOM (labeled "INC ROM") to the data output signal. Each accumulator adds an increment of zero,

one, two, three, or four, depending on the servo pattern band just crossed by the servo head. A pulse on the respective signal generation system clear line (CLR1 or CLR2) resets the accumulator output to zero. The accumulators get their increment instruction, the amount to add with each clock cycle, from the increment KOMs. The increment KOMs, in turn, are addressed by transition counters TC1 and TC2.

In operation, when a CLK1 pulse occurs, the first transition counter TC1 resets to zero and its associated accumulators X1, Y1, and D1 also are reset to zero. As the servo head moves along the servo pattern after the CLK1 pulse, as illustrated in FIG. 17, it crosses a group of four servo pattern stripes, then crosses two groups of five stripes. The transition counters count peak (PK) pulses to keep track of how many servo pattern stripes have been crossed. On the first PK pulse after the CLK1 signal is received, the system begins timing the first B interval. On the second PK pulse, the second B interval timing begins, and so on. On the sixth PK pulse after the CLR1 signal, the first A interval timing begins. On the seventh PK pulse, the second A interval timing begins. This continues such that, on the eleventh PK pulse after the CLR1 signal, representing the eleventh servo pattern stripe crossed, the first A interval and the first B interval timing end. On the fourteenth PK pulse after the CLR1, all A and B intervals have ended and the sums are ready to be output. The fourteenth servo pattern stripe, after a pair of five-stripe groups, is when the OUT1 pulse occurs, producing an output value (FIG. 15).

The accumulators, using the increment data in the increment ROMs, automatically add up the intervals as needed. FIG. 18 shows the increment data that is stored in the respective increment ROMs. In FIG. 18, the ADDRESS column is the transition counter output value that indicates which servo pattern stripe after the associated CLR1 or CLR2 signal has just been crossed. The columns X1, X2, . . . , D2 show what increment values will be added to each respective accumulator of FIG. 13 for each clock cycle. It should be noted that the address refers to the number of PK pulses following the corresponding clear signal. Thus, the increment values in the X1 column are indexed according to the number of PK pulses received after a CLR1 signal, while the increment values in the X2 column are indexed according to PK pulses after a CLR2 signal.

The operation of the X1 accumulator next will be described in greater detail. The other accumulators operate in a similar manner. From FIG. 17, it should be clear that the sixth servo pattern stripe crossed after a CLR1 signal starts the timing of the first A interval for a five-stripe diamond. This can be seen from examination of the servo pattern stripes, the head output analog signal, and the second group of A intervals. Thus, the transition counter TC1 output value that is produced from counting PK pulses is equal to six and the corresponding increment ROM address is equal to six. From FIG. 18, the amount of increment to the X1 accumulator is one.

On the seventh PK pulse following a CLR1 signal, the first A interval continues to be timed while the second A interval timing begins. Therefore, after the seventh PK pulse indicating the crossing of the seventh servo pattern stripe, the ROM address is seven and from FIG. 18 it is clear that the accumulator X1 increments two on each clock cycle. Similarly, after the eighth servo pattern stripe is crossed, three A intervals A1, A2, and A3 are simultaneously timed, so the accumulator is incremented by three on each clock cycle. On the ninth servo pattern stripe, the accumulator is incremented by four. On the eleventh servo pattern stripe, the first A interval A1 has ended, and therefore only three intervals continue to be timed. Therefore, the increment to the X1 accumulator is reduced to three, as indicated in the FIG. 18 table entry for ROM address eleven. After the fourteenth servo pattern stripe, all A intervals are completed and therefore the accumulator increment is changed to zero. That is, the accumulator already contains the sum of the four A intervals and the output value is ready to be produced, after an OUT1 pulse occurs. Similarly, the Y1 accumulator will have been timing the B intervals and also has its data ready to be output.

The set of accumulators X2 and Y2 of the second signal generation system operate in the same

way, starting from the CLR2 signal and completing in time for the OUT2 pulse (FIG. 15). Thus, the sixth servo pattern stripe crossed after a CLR2 signal corresponds to the first servo pattern stripe of a four-diamond group. Therefore, the A1 interval for the second signal generation group begins and the X2 accumulator should be incremented by one. This is shown by the corresponding value in the FIG. 18 table for ROM address six of the X2 column. At a tape speed of approximately 2.0 meters per second, the combination of the two sets of accumulators provides new position signal data at a rate of approximately 18 kHz.

FIG. 13 shows that the outputs of the accumulators are routed through respective selectors X-SELECT, Y-SELECT, and D-SELECT that choose which of the two signal generation systems has the current output value that should be output. The selection is governed by the SELECT data signal, described above in conjunction with FIG. 16. After an OUT1 pulse, the set of accumulators from the second signal generation system becomes active, and after an OUT2 pulse, the set of accumulators from the first signal generation system becomes active. Thus, for the interleaved diamond servo pattern illustrated in FIG. 17, the first set of accumulators X1, Y1, D1 becomes active after an OUT2 pulse, which occurs after two four-stripe groups, while the second set of accumulators X2, Y2, D2 becomes active after an OUT1 pulse, which occurs after two five-stripe groups.

In the preferred embodiment illustrated in FIG. 14, error checking is performed to detect missing or extra transitions and to detect servo pattern stripes that are erroneously read in a slightly shifted position. Details of error correction that can be performed after error detection are not illustrated in FIG. 14 but those skilled in the art will readily be able to construct such circuitry, in view of the discussion above concerning FIGS. 10-12. In FIG. 13, missing or extra detected stripes are detected by the transition counters TC1 and TC2 that count every PK pulse. When an output signal pulse OUT1 or OUT2 occurs, magnitude comparators check to see if the correct number of transitions (either 13 or 14, as indicated) have been detected. For example, in the case of the first set of accumulators, the predetermined number of transitions is fourteen whereas for the second set of accumulators, the predetermined number is thirteen. If a number other than the predetermined number is detected, then the data-good (DG) signal produced by the SELECT block will be false. The system decoder 36 (FIG. 2) detects the DG signal and thereby is warned that the data is bad and takes predetermined corrective action. In the preferred embodiment, for example, the corrective action comprises maintaining the output signal at its previous value.

If the PK pulse from one servo pattern stripe is accidentally shifted in time, then all A interval values and B interval values will not have the same value. The system illustrated in FIG. 13 provides deviation accumulators D1 and D2 that add and subtract the individual A and B intervals in a way that should provide a zero result. If any servo pattern stripe is shifted in time, the result will be non-zero, either positive or negative. A maximum comparator DEV.sub.max and a minimum comparator DEV.sub.min check the D1 and D2 deviation accumulator output to permit servo pattern stripe shifts to be larger than a predetermined minimum amount, which permits normal noise within the system to cause acceptably small errors, but does not permit shifts to be larger than a predetermined maximum amount, which indicates an error. If the difference is less than the maximum value and less than or equal to the minimum value, then the output of the corresponding deviation accumulator D1 or D2 goes high and, along with output from the SELECT data signal, produces the data-good (DG) signal. In this way, the deviation check circuitry also prevents random noise from being considered valid output in the event that random noise produces suitable patterns to produce an OUT1 or an OUT2 signal pulse.

The signal decoder and position signal circuitry described above use servo control information that comprises a repeating servo pattern of stripes having magnetic flux transitions that extend continuously across the width of servo information tracks in the translating direction in an azimuthal slope. The signal decoder receives the analog servo read head signal and generates a

position signal that is a function of the ratio of two intervals derived from the servo pattern. This provides a servo control system that is independent of tape speed and therefore is insensitive to speed variations. Those skilled in the art will appreciate that a variety of techniques can be used to produce the servo patterns illustrated in FIGS. 4-9 in magnetic storage media, such as magnetic tape. A variety of systems for producing the servo patterns used by the decoder will be described next.

FIG. 19 shows a magnetic drum system 300 for producing the servo patterns described above. Magnetic tape 302 onto which the servo patterns are to be recorded is wound around a curved portion of the circumference 304 of a drum 306 such that the curved portion is adjacent an electromagnet 308 on the opposite side of the tape that projects a magnetic field of flux outwardly toward the tape. A sequence of raised bands is deposited onto the circumference of the drum in the desired servo pattern. For example, the bands deposited onto the circumferential portion 304 of the drum illustrated in FIG. 20 produce a servo pattern on the tape 302 that is the same as that illustrated in FIG. 4. Other details of a drum system implementation for producing the servo patterns are well-known to those skilled in the art and do not form part of the invention described herein. See, for example, U.S. Pat. No. 3,869,711 to Bernard.

Those skilled in the art will appreciate that the drum portion 304 shields those lengths of the magnetic tape with which the bands have contact while the external electromagnet 308 projects a magnetic field onto the tape, leaving the desired servo pattern flux transition bands. The drum pattern bands 310 preferably are deposited using photolithographic techniques, as such techniques provide the extreme accuracy needed for accurate reproduction of the servo patterns. Preferably, the bands are constructed of a nickel iron or permalloy material on a nonmagnetic drum.

A preferred method for producing the patterns is with a multiple gap servo write head. The multiple gap heads of the preferred embodiment are produced from photographic techniques known to those skilled in the art. FIG. 21 shows a multiple gap servo write head 400 constructed in accordance with the present invention. The head illustrated in FIG. 21 comprises a ferrite ring 402 with a patterned NiFe pole piece region 404. Two ferrite blocks 406, 408 form the bulk of the magnetic head and are separated by a glass spacer 411.

In constructing the head, the ferrite blocks 406, 408 and glass spacer 411 are first bonded together with an epoxy glue or with glass bonding techniques. The resulting structure is then lapped to produce the desired front contour, which comprises the tape beating surface. In the preferred embodiment, a cylindrical front contour surface is provided. Cross-slots 412 are cut into the head to remove included air when the head is in operation with magnetic tape.

As shown in FIG. 22, a conducting seedlayer 416 is then deposited on the front contour surface. In the preferred embodiment, 800 angstroms of NiFe have been used. Photoresist material is then deposited on the front surface and patterned in the shape of the desired servo patterns 414. The patterning of the cylindrical surface can be done by either contact-exposure or projection-exposure techniques familiar to those skilled in the art. Because high resolution is only required for the servo patterns located at the apex of the cylindrical contour, standard planar exposure techniques can be used. In the preferred embodiment, the photoresist lines which define the gap regions are 2 .mu.m wide and 3.5 .mu.m tall.

After the desired gap structures are formed in the photoresist, Ni.sub.45 Fe.sub.55 material 418 is plated to a thickness of approximately 2 .mu.m on the seedlayer 416 wherever the photoresist has been removed. The remaining photoresist material is then removed. A wear-resistant overcoat 420 is then deposited over the front contoured surface to protect it. In the preferred embodiment, this overcoat is a laminated NiFeN/FeN structure with a total thickness of approximately 3000 angstroms. Alternative overcoat materials that can be used are, for example,

diamond-like carbon or other wear-resistant materials.

Finally, as shown in FIG. 21, a coil 420 is wound around one of the ferrite blocks 408 through a wiring slot 422 to complete the head. The flux through each gap is in the same plane as the lithography. This limits the gap width to the resolution of lithographic techniques, but allows arbitrarily complex gap shapes within that restriction. Thus, the straight diagonal gaps needed for the servo patterns illustrated in FIGS. 4-9 are easily fabricated in this horizontal head design described above. Those skilled in the art will appreciate that a much more complex process would be needed to produce the desired gap structure in a vertical head because of the limits of planar processing.

One novel aspect of the head 400 is its use of magnetic saturation phenomena to simplify its design. The writing gaps 414, shown in greater detail in FIG. 23, are contained within a continuous sheet of magnetic NiFe. Conventional wisdom would dictate that the magnetic field in these gaps should be very small when this head is energized because almost all of the flux would flow through the low-reluctance NiFe rather than through the high-reluctance writing gaps. The gaps appear to be shunted by the sheet of NiFe. However, at larger currents the shunting regions of NiFe become magnetically saturated, causing the permeability to drop sharply. As saturation becomes more severe, the writing gaps become the preferred path for the additional flux. At high writing currents, this design generates the necessary gap fields to adequately write magnetic tape. This design provides an almost completely smooth surface for the tape to run over. More conventional designs would require wide isolation gaps to channel the magnetic flux into the writing gaps. Such isolation gaps provide high-pressure edges which will be subject to wear by the tape. These wide gaps also provide regions for tape debris to accumulate which can cause unwanted spacing between the head and tape. It should be noted that extra flares 432 are added to the writing gaps 430 to sharply demarcate the written pattern. If the flares are not present, the field across the writing gaps decreases at the ends. The flares act to maintain nearly the full writing field up to the end of the writing gaps.

Saturation effects are also used effectively to eliminate negative effects due to the magnetic seedlayer and the preferred magnetic wear overcoat. These layers are magnetic and cover the entire front surface of the head, including across the writing gaps 414. This shorting of the gaps would cause a problem except that these films are saturated at very low currents and cause no effect at higher writing currents. Those skilled in the art will recognize that the advantageous use of these saturation effects simplifies the design and improves the performance of this head.

The preferred embodiment of the servo write head uses a cylindrically contoured head with cross-slots to maintain good contact between the head and the tape. Other techniques for maintaining this contact can also be used. In particular, a flat head with a small-radius edge can be used by overwrapping the tape around the edge. FIG. 24 illustrates this technique. The head 900 has a planar front surface 902. The tape 904 contacts the head with a slight overwrap (for example, 1.degree.). The action of passing the tape over the overwrapped corner of the head acts to remove the layer of air between the head and the tape. The tape lifts slightly off the head near the corner because of its finite modulus of elasticity, but then comes into contact with the head. This technique may be used to maintain head-tape contact. Those skilled in the art will recognize that certain simplifications in the head fabrication process may be used to advantage by eliminating the cylindrical contour and cross-slots from the head design.

FIG. 25 illustrates the process of producing a magnetic tape having the servo patterns illustrated above using a pattern recording system 502. The system 502 can be provided, for example, in the tape drive 12 illustrated in FIG. 1. In particular, FIG. 25 illustrates the process of producing a magnetic tape having the servo pattern of FIG. 9 and shows a magnetic tape 504 in a top view 506 and in a side view 508 as it is passed in contact with a write head 510 such as that illustrated in FIGS. 21 and 23. The tape is passed in the direction indicated by the arrow 512.

The tape write head 510 ordinarily is not energized, but is periodically energized with a current pulse of predetermined polarity at predetermined times. That is, the head is switched between a zero current and a current of a single polarity. Those skilled in the art will note that this differs from conventional schemes, in which a magnetic write head is switched back and forth between opposite polarity currents. To produce the desired servo pattern on the tape 504, the tape is moved at a predetermined velocity while the write head 510 is intermittently pulsed with current. The intermittent current pulses of the write head produce flux patterns on the tape that are a copy of the head gap structure, as illustrated by the representation of the tape pattern 514 in FIG. 25. It should be clear from FIG. 25 that the two chevron-shaped write gaps are spaced apart sufficiently such that two opposed stripe bands, or diamonds, are recorded with each current pulse through the write head 510 and that the current pulses are timed to create the interleaved diamond pattern illustrated in FIG. 9, where a group of four interleaved diamonds is followed by a group of five interleaved diamonds.

FIG. 25 illustrates that the space 511 between the head write gaps is selected so that the interleaved pattern can be written in a single pass of the tape. The magnetic storage medium is moved in a head transducing direction at a predetermined velocity and the servo write head is energized with a predetermined polarity pulse to generate magnetic flux and automatically record one servo pattern transition stripe of the first azimuthal orientation and one servo pattern stripe of the second azimuthal orientation in a track on the tape with each energization. The head is repeatedly energized until the stripes recorded in the tape comprise one of the interleaved diamond groups. More particularly, the spacing between the servo write gaps is selected so that, at the tape writing speed, the transition stripe recorded by the trailing gap 513 at the last current pulse of a four-stripe or five-stripe group lies completely between the first stripes recorded by the leading gap 515 and trailing gap at the first current pulse of the group. Thus, after four or five activations of the head, as appropriate, the desired interleaved servo pattern is obtained.

Similarly, the synchronization feature spacing intervals are formed by continuing to move the tape at the predetermined velocity without energizing the servo write head to produce a servo pattern stripe. The extent of the spacing interval in the transducing direction is determined by the length of time the head is not energized and by the predetermined tape speed. Preferably, the time without energizing the write head is sufficiently long such that all of the stripes written by a group of pulses lie completely beyond the stripes written by the previous group of pulses. That is, all transition stripes of one group have passed by the trailing gap 513 before any stripes of the next group are written to the tape.

To write a non-interleaved pattern, such as illustrated in FIG. 8, the write gap spacing and pulsing of the head is such that the transition stripe recorded by the trailing gap during each current pulse lies completely beyond the stripe recorded by the leading gap during the previous current pulse. That is, the stripe written by the leading gap is moved past the trailing gap before the next energization of the write head. The synchronization features between stripe groups are formed by delaying energization of the servo write head to produce a servo pattern stripe for a sufficiently long time so that the minimum spacing along the transducing direction between the last stripe recorded by the leading gap during the last current pulse of a group and the first stripe recorded by the trailing gap during the first current pulse of the subsequent group is greater than the maximum distance in the transducing direction between any pair of sequential stripes within a group.

As illustrated in FIG. 25, a programmable pattern generator 516 of the servo pattern recording system 502 generates pulses that are provided to a pulse generator 518 that causes the intermittent energizing of the write head 510. Because the pulse width is finite and the tape is moving at a predetermined velocity, the servo flux patterns recorded onto the tape 504 are

elongated versions of the actual gaps of the write head. The flux patterns recorded on the tape are wider than the gaps on the write head by the product of the tape velocity and the pulse width.

The servo pattern recording system 502 can operate with either AC or DC erased magnetic tape. If the magnetic tape 504 is AC-erased, meaning that the tape has zero magnetization, then the tape is magnetized with one polarity over the gap regions when the write head 510 is energized. The remainder of the tape is left with zero magnetization. If the magnetic tape is DC-erased, meaning that the tape is magnetized in one polarity, then the current through the write head 510 must be directed such that the recorded flux pattern stripes are magnetized in the opposite polarity. The resulting recorded pattern then consists of transitions between magnetized regions of opposite polarity. The signal produced when a servo pattern is read back from a DC-erased tape will have approximately twice the amplitude of the signal produced from an AC-erased tape. In the preferred embodiment, however, an AC-erased tape is used to prevent producing a signal so large that the servo read head becomes saturated. The magnitude of the write current can also be reduced to decrease the magnetization of the written regions of the tape, lowering the readback signal.

The pattern generator 516 in FIG. 25 may be constructed with several techniques which are familiar to one skilled in the art. For example, the required pulse pattern could be recorded in a programmable read-only memory (PROM) and cycled through with an appropriate addressing circuit. Alternatively, the required pulse pattern could be produced by a collection of suitable counters and associated logic. These techniques are familiar to those skilled in the art and require no further explanation.

It also should be appreciated that the accuracy of the servo pattern recorded on the tape depends on the accuracy of the pattern generation timing and of the tape velocity. The pattern generation timing preferably is crystal controlled and therefore is very accurate and stable. The tape velocity, however, is more difficult to control. In the preferred embodiment, a tape velocity accuracy of 0.1% is required. An alternative to obtaining such accuracy is to measure the tape velocity near the write head and adjust the timing of the pattern generator to correct for tape velocity errors. Measuring the tape velocity can be accomplished, for example, with an accurate shaft encoder 505 rotated by the tape or with a laser doppler device. The details of such a tape velocity measurement system should be clear to those skilled in the art.

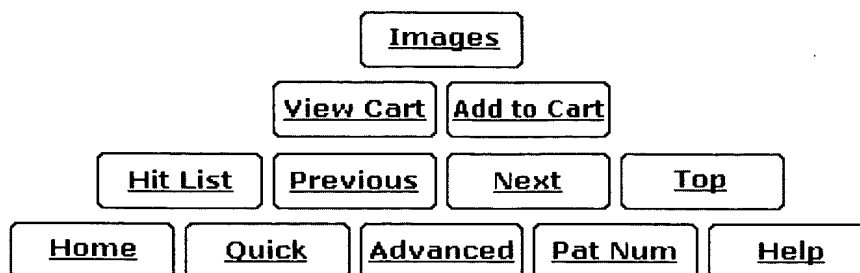
After the pattern pulses are generated, they must be converted into current pulses through the write head. In the preferred embodiment, pulse generator circuitry produces pulses with a duration of 150 ns, with up to 3 amps of peak current and a rise and fall time of less than 50 ns. Those skilled in the art will recognize that such a pulse generator can be constructed with, for example, a power MOSFET switch and a current-limiting resistor. These techniques will be readily apparent to those skilled in the art without further explanation.

FIG. 26 is a schematic diagram of the tape writing system 502 illustrating tape verification elements and showing that the tape 504 is passed from a supply reel 520 to a take-up reel 522 as the servo pattern is recorded onto the tape. The pattern generator 516 produces the pattern pulses, which are provided to the servo write head pulse generator 518 that intermittently energizes the write head 510. After the tape 504 is recorded with the servo pattern, the pattern must be verified to assure high quality. A servo read head 524 reads the just-recorded servo pattern and provides a servo signal to a pre-amplifier 526. The pre-amplifier provides an amplified version of the servo signal to a pattern verifier 528 that performs a variety of verifying operations, such as checking the servo pattern, signal amplitude, dropout rate, and consistency of redundant servo tracks. The verifier causes a bad-tape marking head 530 to place a magnetic mark on the tape 504 if any errors are found so that bad sections of tape are not loaded into a tape cartridge (FIG. 1).

Although this discussion has focused on dedicated servo track embodiments, this servo system is also applicable to embedded servo embodiments. In dedicated servo track systems, certain tracks on the tape are used exclusively for servo patterns. In operation a servo read element is always over one of these servo tracks while other elements are used for reading and writing data. Embedded servo systems spatially separate servo patterns and data blocks on the same track. With this approach, a single element can be used for reading both servo information and data. The embedded servo approach decreases the servo sample rate and the data rate because a single element is used for both. One disadvantage to using the same head element for servo and data reading is that using a narrow servo read head is, for all practical purposes, precluded. However, other advantages are obtained, such as decreasing the number of elements needed in a head module and decreasing offset errors which result from using separate servo and data elements. Those skilled in the art will appreciate that the servo system described here can be extended to apply to embedded servo applications.

Thus, described above is a servo pattern of repeating magnetic flux transitions that extend across the width of each servo track such that they produce a servo position information signal that varies continuously as a servo read head is moved across the width of the servo track in the translating direction and the tape is moved beneath the head in the transducing direction, permitting the interval between transitions to be timed to thereby indicate the relative position of the magnetic head within the track. Also described above are a variety of servo write heads suitable for generating the servo pattern, including a preferred method of constructing a multiple gap servo write head. Also described above is a servo pattern writing system, including a tape verification system to ensure accurate reproduction of the servo patterns on tape.

The present invention has been described above in terms of presently preferred embodiments so that an understanding of the present invention can be conveyed. There are, however, many configurations for servo decoders, servo patterns, servo control systems, storage media, servo writing systems, data storage systems, and servo write heads not specifically described herein, but with which the present invention is applicable. The present invention should therefore not be seen as limited to the particular embodiments described herein, but rather, it should be understood that the present invention has wide applicability with respect to servo decoders, servo patterns, and servo write heads generally. All modifications, variations, or equivalent arrangements that are within the scope of the attached claims should therefore be considered to be within the scope of the invention.



JP8030942

Publication Title:

Servo control system

Abstract:

A track following servo system is disclosed for use with magnetic recording media 20 in which magnetic servo track 27 patterns contain transitions recorded at more than one azimuthal orientation across the width of the servo track. The timing of a signal derived from reading at any point across the width of such a pattern varies continuously as the read head is moved across the servo track. The pattern is read by a servo read head 26 whose width is small compared to the servo track pattern. The combination of a wide servo pattern and a narrow servo read head offers excellent position sensing linearity and dynamic range. In the preferred embodiment, the servo read head is also narrow with respect to the data tracks, which provides the additional advantages of superior immunity to position sensing errors caused by defects or temporal variations in the servo read head, defects in the servo pattern, wear of the head, or debris collection. Position sensing with this system is achieved by deriving a ratio of two servo pattern intervals and therefore is insensitive to medium speed during reading. The servo patterns may include spacing intervals 70 recognizable for error detection and correction purposes. The servo tracks may be recorded using a patterned multiple gap servo write head 400 whose magnetic gaps have geometries appropriate to generate the desired servo patterns.

<MATH>

Data supplied from the esp@cenet database - <http://ep.espacenet.com>

This Patent PDF Generated by Patent Fetcher(TM), a service of Patent Logistics, LLC

Patent provided by Sughrue Mion, PLLC - <http://www.sughrue.com>

(51)Int.Cl.⁶

G 1 1 B 5/584

識別記号

庁内整理番号

7811-5D

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数146 O E (全 51 頁)

(21)出願番号 特願平7-149142

(22)出願日 平成7年(1995)6月15日

(31)優先権主張番号 270207

(32)優先日 1994年6月30日

(33)優先権主張国 米国 (US)

(71)出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシー
ズ・コーポレーションINTERNATIONAL BUSIN
ESS MASCHINES CORPO
RATIONアメリカ合衆国10504、ニューヨーク州
アーモンク (番地なし)(72)発明者 トーマス・ロバート・アルブレヒト
アメリカ合衆国カリフォルニア州、サン・
ノゼ、ピエール・コート 6414

(74)代理人 弁理士 合田 潔 (外2名)

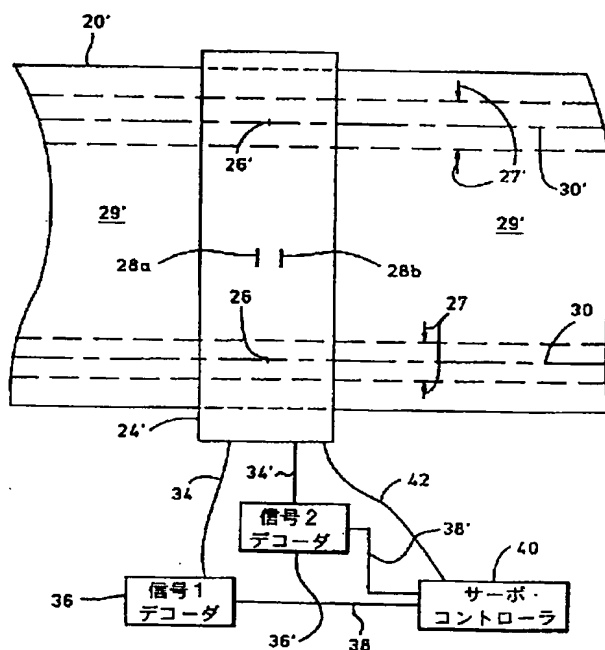
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 サーボ制御システム並びに関連する装置及び方法

(57)【要約】

【目的】 磁気サーボ・トラック・パターンがサーボ・トラックの幅を横切って複数の方位角の向きで記録された遷移を有するような磁気テープ・システムで使用するためのトラック・フォローイング・サーボ・システムを提供する。

【構成】 このシステムによる位置感知は2つのサーボ・パターン・インターバルの比を得ることによって達成され、従って、読み取り中のテープ速度には無関係である。サーボ・パターンはエラー検出及び訂正の目的で認識可能なスペーシング・インターバルを含んでもよい。サーボ・トラックは、所望のサーボ・パターンを発生するに適した形状を持った磁気ギャップを有する複数ギャップのサーボ書き込みヘッドを使って記録される。サーボ書き込みヘッドのパターン化したギャップはフェライト・リングのヘッド構造の上にパーマロイを写真印刷的に電気メッキすることによって作られる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】移動する磁気記憶媒体の表面上の少なくとも 1 つのトラックに記録されたサーボ・パターンを読み取るために前記表面に隣接して磁気ヘッドを位置づけるためのサーボ制御システムにして、
前記記憶媒体上のサーボ・パターンを変換方向に読取るための少なくとも 1 つのサーボ読取りヘッドを有し、前記サーボ・パターンを表す読取りヘッド信号を発生するためのヘッド・アセンブリと、
前記読取りヘッド信号を受け、それをデコードして、前記サーボ・パターンに関する前記読取りヘッドの位置を表す位置信号を発生するためのサーボ・デコーダと、
前記記憶媒体に関して前記ヘッド・アセンブリを位置づけるように作動される移動アセンブリと、
前記位置信号に従って前記移動アセンブリを作動するためのサーボ・コントローラと、
を含み、
前記サーボ・デコーダは磁束遷移の循環シーケンスを含むサーボ・パターンから発生された読取りヘッド信号をデコードするための信号デコーダを含むこと、
前記磁束遷移は前記トラックの幅を横切って連続的に延び、前記磁気ヘッドが前記トラックの幅を横切って移動する時に前記サーボ読取りヘッド信号が変化するようなサーボ・パターン・ストライプを形成すること、
前記ストライプは少なくとも第 1 方位角の向き及び第 2 方位角の向きを、前記第 1 方位角の向きが前記第 2 方位角の向きに平行にならないように含むこと、及び前記サーボ・デコーダは前記サーボ・パターンにおける複数の所定の遷移対相互間の時間インターバルを決定し、前記時間インターバルの関数である実質的に速度不変の位置信号を発生するための手段を含むこと、
を特徴とするサーボ制御システム。

【請求項 2】前記サーボ・デコーダは前記第 1 方位角の向きのストライプから前記第 2 方位角の向きのストライプまでの前記読取りヘッド信号の時間インターバル及び同じ向きの 2 つのストライプ相互間の時間インターバルの比に従って位置信号値を発生することを特徴とする請求項 1 に記載のサーボ制御システム。

【請求項 3】前記信号デコーダは第 1 磁束極性を持った磁束遷移に対応する前記読取りヘッドからの信号を検出し、第 2 磁束極性を持った磁束遷移を無視することを特徴とする請求項 1 に記載のサーボ制御システム。

【請求項 4】前記信号デコーダは、前記ストライプが前記第 1 方位角の向きの複数の連続ストライプを持ったグループ及びそれに続く前記第 2 方位角の向きの複数の連続ストライプを持ったグループで配列されるサーボ・パターンから発生された読取りヘッド信号をデコードすること、及び前記グループは同期フィーチャによって分離されていること、

を特徴とする請求項 1 に記載のサーボ制御システム。

【請求項 5】移動する磁気記憶媒体の表面上の少なくとも 1 つのトラックに記録されたサーボ・パターンを読み取るために前記表面に隣接して磁気ヘッドを位置づけるためのサーボ制御システムにして、
前記記憶媒体上のサーボ・パターンを変換方向に読取るための少なくとも 1 つのサーボ読取りヘッドを有し、前記サーボ・パターンを表す読取りヘッド信号を発生するためのヘッド・アセンブリと、
前記読取りヘッド信号を受け、それをデコードして、前記サーボ・パターンに関する前記読取りヘッドの位置を表す位置信号を発生するためのサーボ・デコーダと、
前記記憶媒体に関して前記ヘッド・アセンブリを位置づけるように作動される移動アセンブリと、
前記位置信号に従って前記移動アセンブリを作動するためのサーボ・コントローラと、
を含み、

前記サーボ・デコーダは、前記読取りヘッド信号と前記記憶媒体上に記録された所定のサーボ・パターンとを相関させるように前記読取りヘッド信号のパターン認識によって前記位置信号におけるエラーを検出するための手段を含み、前記信号がエラー限界内で関しない場合、前記サーボ・デコーダはエラー状態を表すことを特徴とするサーボ制御システム。

【請求項 6】前記サーボ・デコーダのエラーを検出するための手段は周期的同期フィーチャを含む磁束遷移の循環シーケンスを含むサーボ・パターンを検出すること、及び前記サーボ・デコーダは、同期フィーチャ相互間で生じる遷移の数をカウントすること及び前記遷移の数と所定のサーボ・パターンにおける遷移の数とを比較することによって、前記サーボ・デコーダによってカウントされた遷移の数が前記所定のサーボ・パターンにおける遷移の数に等しくない場合、前記サーボ・デコーダがエラー状態を表すように前記サーボ・ヘッド信号を相関させること、

を特徴とする請求項 5 に記載のサーボ制御システム。

【請求項 7】前記サーボ・デコーダのエラーを検出するための手段はサーボ・パターンから発生された読取りヘッド信号をデコードすること、
前記サーボ・パターンは前記トラックの幅を横切って連続的に延び、前記磁気ヘッドが前記トラックの幅を横切って移動する時に前記サーボ読取りヘッド信号が変化するようなサーボ・パターン・ストライプを形成すること、

前記ストライプは少なくとも第 1 方位角の向き及び第 2 方位角の向きを、前記第 1 方位角の向きが前記第 2 方位角の向きに平行にならないように含むこと、及び前記ストライプは前記第 1 方位角の向きの複数の連続ストライプを持ったグループ及びそれに続く前記第 2 方位角の向きの複数の連続ストライプを持ったグループで配列されていること、

を特徴とする請求項6に記載のサーボ制御システム。

【請求項8】前記サーボ・パターンの同期フィーチャは少なくとも1つの極性の遷移のない遷移フリー・スペースを含むこと、及び前記遷移フリー・スペースの前記変換方向における最小長は同じ方位角の向きのストライプのグループ内で前記極性の連続した遷移相互間の前記変換方向における最大長を越えること、

を特徴とする請求項6に記載のサーボ制御システム。

【請求項9】前記サーボ・デコーダのエラーを検出するための手段はサーボ・パターンから発生された読取りヘッド信号をデコードすること、

前記サーボ・パターンは前記トラックの幅を横切って連続的に延び、前記磁気ヘッドが前記トラックの幅を横切って移動する時に前記サーボ読取りヘッド信号が変化するようなサーボ・パターン・ストライプを形成すること、

前記ストライプは少なくとも第1方位角の向き及び第2方位角の向きを、前記第1方位角の向きが前記第2方位角の向きに平行にならないように含むこと、及び前記ストライプは複数の連続したサブグループを含むグループで配置され、前記サブグループの各々は複数の方位角の向きでストライプを含み、前記グループは前記サーボ・デコーダによって検出可能な同期フィーチャによって分離されていること、

を特徴とする請求項6に記載のサーボ制御システム。

【請求項10】前記サーボ・パターンの同期フィーチャは少なくとも1つの極性の遷移のない遷移フリー・スペースを含むこと、及び前記遷移フリー・スペースの前記変換方向における最小長は同じ方位角の向きのストライプのグループ内で前記極性の連続した遷移相互間の前記変換方向における最大長を越えること、

を特徴とする請求項9に記載のサーボ制御システム。

【請求項11】前記サーボ・デコーダのエラーを検出するための手段は磁束遷移の循環シーケンスを含むサーボ・パターンを検出すること、及び前記サーボ・デコーダは、複数の所定の対の遷移相互間の時間インターバルを決定すること及び前記時間インターバルと所定の時間インターバルとの関係の期間を比較することによって、前記時間インターバル相互間の関係がエラー限界内の前記所定の関係に等しくない場合に前記デコーダがエラー状態を表示するように前記読取りヘッド信号を相関させること、

を特徴とする請求項5に記載のサーボ制御システム。

【請求項12】前記サーボ・デコーダのエラーを検出するための手段は遷移対相互間の複数の時間インターバルを同一性に関して比較し、該時間インターバルが所定のエラー限界よりも多く相互に異なっている場合、前記サーボ・デコーダがエラー状態を表すことを特徴とする請求項11に記載のサーボ制御システム。

【請求項13】前記サーボ・デコーダのエラーを検出す

るための手段は遷移対相互間の複数の時間インターバルの和を同一性に関して比較し、前記和が所定のエラー限界よりも多く相互に異なっている場合、前記サーボ・デコーダがエラー状態を表すことを特徴とする請求項11に記載のサーボ制御システム。

【請求項14】前記サーボ・デコーダの位置信号は一連の値を含み、前記サーボ・デコーダが前記読取りヘッド信号におけるエラー状態を表す場合、現在の位置信号の値は前記エラー状態の前に生じた1つ又は複数の位置信号の値から取り出された値でもって置換されることを特徴とする請求項5に記載のサーボ制御システム。

【請求項15】前記置換される値はエラー状態が表される前に前記サーボ・デコーダによって発生された最後の位置信号の値であることを特徴とする請求項14に記載のサーボ制御システム。

【請求項16】前記サーボ・デコーダの位置信号は一連の値を含み、前記サーボ・デコーダが前記読取りヘッド信号におけるエラー状態を表す場合、現在の位置信号の値は廃棄されることを特徴とする請求項5に記載のサーボ制御システム。

【請求項17】前記記憶媒体上の更なるサーボ・パターンを読取り、前記更なるサーボ・パターンを表す更なる読取りヘッド信号を発生するための1つ又は複数の更なる読取りヘッドと、

前記更なる読取りヘッド信号を受け、それらをデコードして前記サーボ・パターンに関する前記更なる読取りヘッドの位置を表す更なる位置信号を発生する1つ又は複数の更なるサーボ・デコーダと、

を含み、前記廃棄された現在の位置信号の値を、エラー状態になり1つ又は複数の更なる位置信号の値から取り出された値でもって置換することを特徴とする請求項16に記載のサーボ制御システム。

【請求項18】移動する磁気記憶媒体の表面上の少なくとも1つのトラックに記録されたサーボ・パターンを読み取るために前記表面に隣接して磁気ヘッドを位置づけるためのサーボ制御システムにして、

前記記憶媒体上のサーボ・パターンを変換方向に読取るための少なくとも1つのサーボ読取りヘッドを有し、前記サーボ・パターンを表す読取りヘッド信号を発生するためのヘッド・アセンブリと、

前記読取りヘッド信号を受け、それをデコードして、前記サーボ・パターンに関する前記読取りヘッドの位置を表す位置信号を発生するためのサーボ・デコーダと、

前記記憶媒体に関して前記ヘッド・アセンブリを位置づけるように作動される移動アセンブリと、

前記位置信号に従って前記移動アセンブリを作動するためのサーボ・コントローラと、

を含み、

前記ヘッド・アセンブリは少なくとも1つのデータ読取

10

20

30

40

50

りヘッドを含み、前記変換方向に対して垂直な方向のヘッド寸法として幅を定義した場合、前記サーボ読取りヘッドは最も狭いデータ読取りヘッドの幅の半分よりも小さい幅を有することを特徴とするサーボ制御システム。

【請求項19】前記サーボ・パターンを含む前記記憶媒体のサーボ・トラックの幅は単一のデータ・トラックの幅よりも広いことを特徴とする請求項18に記載のサーボ制御システム。

【請求項20】1つ又は複数の隣接したサーボ・トラックが1つ又は複数のサーボ・バンドを形成することを特徴とする請求項18に記載のサーボ制御システム。

【請求項21】1つのサーボ・バンドは単一のデータ・トラックよりも幅広いことを特徴とする請求項20に記載のサーボ制御システム。

【請求項22】前記サーボ・デコーダはサーボ・パターンから発生された読取りヘッド信号をデコードすること、

前記サーボ・パターンは前記トラックの幅を横切って連続的に延び、前記磁気ヘッドが前記トラックの幅を横切って移動する時に前記サーボ読取りヘッド信号が変化するようなサーボ・パターン・ストライプを形成すること、及び前記ストライプは少なくとも第1方位角の向き及び第2方位角の向きを、前記第1方位角の向きが前記第2方位角の向きに平行にならないように含むこと、を特徴とする請求項18に記載のサーボ制御システム。

【請求項23】前記サーボ・パターン・ストライプは第1方位角の向きの複数の連続ストライプを持ったグループ及びそれに続く前記第2方位角の向きの複数の連続ストライプを持ったグループで配列されることを特徴とする請求項22に記載のサーボ制御システム。

【請求項24】移動する磁気記憶媒体の表面上の少なくとも1つのトラックに記録されたサーボ・パターンを読み取るために前記表面に隣接して磁気ヘッドを位置づけるためのサーボ制御システムにして、

前記記憶媒体上のサーボ・パターンを変換方向に読取るための少なくとも1つのサーボ読取りヘッドを有し、前記サーボ・パターンを表す読取りヘッド信号を発生するためのヘッド・アセンブリと、

前記読取りヘッド信号を受け、それをデコードして、前記サーボ・パターンに関する前記読取りヘッドの位置を表す位置信号を発生するためのサーボ・デコーダと、

前記記憶媒体に関して前記ヘッド・アセンブリを位置づけるように作動される移動アセンブリと、

前記位置信号に従って前記移動アセンブリを作動するためのサーボ・コントローラと、

を含み、

前記サーボ・デコーダはサーボ・パターンから発生された読取りヘッド信号をデコードすること、

前記サーボ・パターンは前記トラックの幅を横切って連続的に延び、前記磁気ヘッドが前記トラックの幅を横切

って移動する時に前記サーボ読取りヘッド信号が変化するようなサーボ・パターン・ストライプを形成すること、及び前記ストライプは少なくとも第1方位角の向き及び第2方位角の向きを、前記第1方位角の向きが前記第2方位角の向きに平行にならないように含み、以て、前記サーボ・デコーダのデコードするための手段は、前記ストライプが第1方位角の向きの複数の連続ストライプを含むグループ及びそれに続く前記第2方位角の向きの複数の連続ストライプを含むグループで配列されるパターンを表す読取りヘッド信号をデコードすること、

を特徴とするサーボ制御システム。

【請求項25】前記サーボ・デコーダのデコードするための手段は、第1の向きの複数の連続ストライプを持ったグループ及びそれに続く第2の向きの複数の連続ストライプを持ったグループで配列され、前記サーボ・デコーダによって検出可能な同期フィーチャによって分離されたストライプを有するサーボ・パターンから発生された読取りヘッド信号をデコードすることを特徴とする請求項24に記載のサーボ制御システム。

【請求項26】前記サーボ・パターンの同期フィーチャはサーボ制御情報以外の情報を含むことを特徴とする請求項25に記載のサーボ制御システム。

【請求項27】前記サーボ・パターンの同期フィーチャは少なくとも1つの極性の遷移のない遷移フリー・スペースを含むこと、及び前記遷移フリー・スペースの前記変換方向における最小長は同じ方位角の向きのストライプのグループ内で前記極性の連続した遷移相互間の前記変換方向における最大長を越えること、を特徴とする請求項25に記載のサーボ制御システム。

【請求項28】前記磁束遷移の循環シーケンスの各パターン周期は複数のストライプのグループを含み、各グループは単一の方位角の向きのストライプを含むこと及び1つの周期内の少なくとも1つのグループは他のグループ内に含まれた数とは異なる数のストライプを含むことを特徴とする請求項27に記載のサーボ制御システム。

【請求項29】前記サーボ・デコーダのデコードするための手段は前のストライプのグループにおける検出されたストライプの数をカウントすることによってパターン周期内の個々の遷移フリー・スペースを識別することを特徴とする請求項28に記載のサーボ制御システム。

【請求項30】前記磁束遷移の循環シーケンスの各パターン周期は第1の向きの4つのストライプのグループ、それに続く第2の向きの4つのストライプのグループ、それに続く第1の向きの5つのストライプのグループ、それに続く第2の向きの5つのストライプのグループ、及び各グループの後に生じる遷移フリー・スペースを含むことを特徴とする請求項28に記載のサーボ制御シ

【請求項31】前記記憶媒体上の1つ又は複数個の隣接したサーボ・トラックが1つ又は複数個のサーボ・トラック・バンドを形成することを特徴とする請求項24に記載のサーボ制御システム。

【請求項32】1つのバンド内の隣接したサーボ・トラックは同じものであることを特徴とする請求項24に記載のサーボ制御システム。

【請求項33】1つのバンド内の前記記憶媒体上の隣接したサーボ・トラックは、1つのバンドにおけるすべての遷移が該バンドの幅を横切って連続するように前記変換方向の1つの線における相互の倒影であるパターンを含むことを特徴とする請求項24に記載のサーボ制御システム。

【請求項34】前記記憶媒体上の2つのトラックはサーボ・バンドを、前記変換方向における該バンドの中心に関して対称的に形成すること、

各トラックは循環シーケンスを含み、該循環シーケンスの周期は第1の向きの4つの線形ストライプのグループ、それに続く第2の向きの4つの線形ストライプのグループ、それに続く第1の向きの5つの線形ストライプのグループ、それに続く第2の向きの5つの線形ストライプのグループ、及び各グループの後に生じる遷移フリー・スペースを含むこと、及び前記第1方位角の向き及び第2方位角の向きは前記バンドが遷移フリー・スペースによって分離された反対方向の4つ及び5つのシェブロン連続グループを含むように前記バンドの中心に関して対称的な補助角を含むこと、

を特徴とする請求項33に記載のサーボ制御システム。

【請求項35】前記信号デコーダのデコードするための手段は第1磁束極性を持った磁束遷移に対応するサーボ読取りヘッドからの信号を検出し、第2磁束極性を持った磁束遷移を無視することを特徴とする請求項24に記載のサーボ制御システム。

【請求項36】前記記憶媒体は前記サーボ・パターンが記録された磁性層を有するテープ基板を含むことを特徴とする請求項24に記載のサーボ制御システム。

【請求項37】移動する磁気記憶媒体の表面上の少なくとも1つのトラックに記録されたサーボ・パターンを読み取るために前記表面に隣接して磁気ヘッドを位置づけるためのサーボ制御システムにして、

前記記憶媒体上のサーボ・パターンを変換方向に読取るための少なくとも1つのサーボ読取りヘッドを有し、前記サーボ・パターンを表す読取りヘッド信号を発生するためのヘッド・アセンブリと、

前記読取りヘッド信号を受け、それをデコードして、前記サーボ・パターンに関する前記読取りヘッドの位置を表す位置信号を発生するためのサーボ・デコーダと、前記記憶媒体に関して前記ヘッド・アセンブリを位置づけるように作動される移動アセンブリと、

前記位置信号に従って前記移動アセンブリを作動するた

めのサーボ・コントローラと、
を含み、

前記サーボ・デコーダは磁束遷移の循環シーケンスを含むサーボ・パターンから発生された読取りヘッド信号をデコードするための手段を含むこと、

前記磁束遷移は前記トラックの幅を横切って連続的に延び、前記磁気ヘッドが前記トラックの幅を横切って移動する時に前記サーボ読取りヘッド信号が変化するようなサーボ・パターン・ストライプを形成すること、及び前記ストライプは少なくとも第1方位角の向き及び第2方位角の向きを、前記第1方位角の向きが前記第2方位角の向きに平行にならないように含むこと、

前記ストライプは複数個の連続したサブグループを含むグループで配列され、前記サブグループの各々は複数個の方位角の向きにストライプを有し、前記グループは前記サーボ・デコーダによって検出可能な同期フィーチャによって分離されること、

を特徴とするサーボ制御システム。

【請求項38】前記サーボ・パターンのストライプのサブグループはストライプの対を含み、前記対の各々は第1方位角の向きのストライプ及び第2方位角の向きのストライプを含むことを特徴とする請求項37に記載のサーボ制御システム。

【請求項39】前記サーボ・パターンの同期フィーチャは少なくとも1つの極性の遷移のない遷移フリー・スペースを含むこと、及び前記遷移フリー・スペースの前記変換方向における最小長は同じ方位角の向きのストライプのグループ内で前記極性の連続した遷移相互間の前記変換方向における最大長を越えること、

を特徴とする請求項37に記載のサーボ制御システム。

【請求項40】前記サーボ・パターンの同期フィーチャはサーボ制御情報以外の情報を含むことを特徴とする請求項37に記載のサーボ制御システム。

【請求項41】前記記憶媒体上の1つ又は複数個の隣接したサーボ・トラックが1つ又は複数個のサーボ・トラック・バンドを形成することを特徴とする請求項37に記載のサーボ制御システム。

【請求項42】1つのバンド内の隣接したサーボ・トラックは同じものであることを特徴とする請求項41に記載のサーボ制御システム。

【請求項43】1つのバンド内の隣接したサーボ・トラックは、1つのバンドにおけるすべての遷移が該バンドの幅を横切って連続するように前記変換方向の1つの線における相互の倒影であるパターンを含むことを特徴とする請求項41に記載のサーボ制御システム。

【請求項44】前記信号デコーダのデコードするための手段は第1磁束極性を持った磁束遷移に対応するサーボ読取りヘッドからの信号を検出し、第2磁束極性を持った磁束遷移を無視することを特徴とする請求項37に記載のサーボ制御システム。

【請求項45】前記記憶媒体は前記サーボ・パターンが記録された磁性層を有するテープ基板を含むことを特徴とする請求項37に記載のサーボ制御システム。

【請求項46】移動する磁気記憶媒体の表面に隣接してヘッド・アセンブリを位置づける磁気記憶媒体駆動装置において使用するために、前記磁気記憶媒体の表面上の少なくとも1つのトラックに記録されたサーボ・パターンを変換方向に読み取るための磁気ヘッド・アセンブリにして、

少なくとも1つのサーボ読取りヘッド及びデータ読取りヘッドを含み、前記変換方向に対して垂直な方向のヘッド寸法をヘッド幅として定義した場合、前記サーボ読取りヘッドは最も狭いデータ読取りヘッドのヘッド幅の半分よりも小さいヘッド幅を有することを特徴とする磁気ヘッド・アセンブリ。

【請求項47】ヘッド変換方向に沿って複数の磁束遷移を磁気記憶媒体のサーボ・トラックに書込むためのサーボ書込みヘッドにして、

前記変換方向に対してサーボ・トラック当り複数の方位角の向きの複数のギャップを有し、前記ギャップのうちの任意の2つのギャップ相互間の前記変換方向における最小間隔が前記ギャップのうちの任意のギャップの変換方向における幅を越えるようにしたことを特徴とするサーボ書込みヘッド。

【請求項48】書込まれたサーボ・トラック当り2つのギャップを第1及び第2方位角の向きで有するように前記ギャップが配置されていることを特徴とする請求項47に記載のサーボ書込みヘッド。

【請求項49】任意の2つのギャップ相互間の変換方向における最小ギャップ間隔は前記変換方向におけるギャップ幅の4倍を越えることを特徴とする請求項47に記載のサーボ書込みヘッド。

【請求項50】コンピュータの記憶媒体駆動システムにて使用するための磁気記憶媒体においてサーボ・パターンを生じさせるための磁束を発生するサーボ書込みヘッドにして、

少なくとも1つのギャップを持った媒体担持輪郭面を有する磁気透過性コアと、

サーボ・パターンを形成する書込みギャップを除いてコア・ギャップをブリッジして媒体担持輪郭面をカバーする磁気透過性フィルム層と、

前記磁気透過性コアの回りに巻かれた導電性コイルと、を含むサーボ書込みヘッド。

【請求項51】前記コアは非磁性スペーサによって結合された透磁性材料の2つのブロックを含み、前記スペーサは前記媒体担持輪郭面において1つのブロックから他のブロックに延びていることを特徴とする請求項50に記載のサーボ書込みヘッド。

【請求項52】前記媒体担持輪郭面は平坦な面であることを特徴とする請求項51に記載のサーボ書込みヘッ

ド。

【請求項53】前記媒体担持輪郭面は円筒状の面であることを特徴とする請求項51に記載のサーボ書込みヘッド。

【請求項54】前記透磁性コアの材料はフェライトであることを特徴とする請求項51に記載のサーボ書込みヘッド。

【請求項55】前記非磁性スペーサはガラスであることを特徴とする請求項51に記載のサーボ書込みヘッド。

【請求項56】前記透磁性フィルム層はNiFe合金を含むことを特徴とする請求項51に記載のサーボ書込みヘッド。

【請求項57】前記輪郭面をカバーする前記透磁性フィルム層の上に保護被覆を含むことを特徴とする請求項51に記載のサーボ書込みヘッド。

【請求項58】前記保護被覆はカーボンを含むことを特徴とする請求項57に記載のサーボ書込みヘッド。

【請求項59】前記保護被覆は透磁性材料を含むことを特徴とする請求項57に記載のサーボ書込みヘッド。

【請求項60】前記透磁性材料はNiFeN/FeN積層を含むことを特徴とする請求項59に記載のサーボ書込みヘッド。

【請求項61】前記サーボ・パターンを定義するギャップは動作磁束レベルで飽和する透磁性パスによって磁気的に分路されていることを特徴とする請求項50に記載のサーボ書込みヘッド。

【請求項62】前記ギャップは透磁性材料の実質的に連続したフィルムにおいて小さな孔を含むことを特徴とする請求項61に記載のサーボ書込みヘッド。

【請求項63】磁気記憶媒体上にサーボ・パターンを生じさせるためのサーボ・パターン書込み装置にして、変換方向に沿って前記磁気記憶媒体上のトラックに記録された磁束遷移の循環シーケンスを含むサーボ・パターンを生じさせるための磁束を発生する複数ギャップのサーボ書込みヘッドと、

所定の極性でもって前記サーボ書込みヘッドを間欠的に付勢して前記記憶媒体上に磁束遷移のパターンを自動的に記録し、前記サーボ・パターンを生じさせる電流パルス発生装置と、

を含み、

前記磁束遷移はサーボ・トラックの幅を横切って連続的に延び、サーボ読取りヘッドがサーボ・トラックの幅を横切って移動する時、サーボ読取りヘッドにより発生されるサーボ読取りヘッド信号が変化するようなサーボ・パターン・ストライプを定義すること、及び前記ストライプは少なくとも第1方位角の向き及び第2方位角の向きを、前記第1方位角の向きが前記第2方位角の向きに平行にならないように含むこと、を特徴とするサーボ・パターン書込み装置。

【請求項64】前記サーボ書込みヘッドの複数のギャッ

ブは、任意に2つのギャップ相互間の前記変換方向における最小間隔が任意のギャップの前記変換方向における幅を超えるように、記録済みのサーボ・トラック当り複数の方位角の向きに位置づけられることを特徴とする請求項63に記載のサーボ・パターン書込み装置。

【請求項65】前記複数のギャップのサーボ書込みヘッドは、

複数の書込みギャップを持った媒体担持輪郭面を有する透磁性コアと、

前記サーボ・パターンを形成する書込みギャップ以外の10 コア・ギャップをブリッジして前記媒体担持輪郭面をカバーする透磁性フィルム層と、

前記透磁性コアの回りに巻かれた導電性コイルと、

を含むことを特徴とする請求項63に記載のサーボ・パターン書込み装置。

【請求項66】前記循環遷移シーケンスの各周期は連続ストライプの複数のグループを含むこと、

各グループは第1の向きの複数の連続ストライプ及びそれに続く第2の向きの複数の連続ストライプを有すること、及び前駆グループは同期フィーチャによって分離されること、

を特徴とする請求項63に記載のサーボパターン書込み装置。

【請求項67】前記循環遷移シーケンスの各周期はストライプの複数のグループを含むこと、

各グループは単一の方位角の向きのストライプを含むこと、及び1つの周期における少なくとも1つのグループは他のグループに含まれたストライプの数とは異なる数のストライプを含むこと、

を特徴とする請求項66に記載のサーボパターン書込み装置。

【請求項68】前記磁束遷移の循環シーケンスの各パターン周期は第1の向きの4つのストライプのグループ、それに続く第2の向きの4つのストライプのグループ、それに続く第1の向きの5つのストライプのグループ、それに続く第2の向きの5つのストライプのグループ、及び各グループの後に生じる遷移フリー・スペースを含むことを特徴とする請求項67に記載のサーボ・パターン書込装置。

【請求項69】サーボ・パターンをサーボ・トラックに記録されて成り、サーボ読取りヘッドが前記サーボ・パターンに関して移動する時、前記ヘッドからサーボ読取りヘッド信号を発生させるための磁気記憶媒体にして、前記サーボ・パターンは磁束遷移の循環シーケンスを含むこと、

前記磁束遷移は前記サーボ・トラックの幅を横切って連続的に延び、前記サーボ読取りヘッドがサーボ・トラックの幅を横切って移動する時前記サーボ読取りヘッド信号が変化するようなサーボ・パターン・ストライプを形成すること、及び前記ストライプは少なくとも第1方位

角の向き及び第2方位角の向きを、前記第1方位角の向きが前記第2方位角の向きに平行にならないように含み、前記第1方位角の向きに複数の連続ストライプを持ったグループ及びそれに続いて第2方位角の向きに複数の連続ストライプを持ったグループに配列されること、

を特徴とする磁気記憶媒体。

【請求項70】前記ストライプは第1の向きの複数の連続ストライプに続く第2の向きの複数の連続ストライプを有するグループに配列され、サーボ・デコーダによって検出可能な同期フィーチャによって分離されることを特徴とする請求項69に記載の磁気記憶媒体。

【請求項71】前記同期フィーチャは少なくとも1つの極性の遷移のない遷移フリー・スペースを含むこと、及び前記遷移フリー・スペースの前記変換方向における最小長は同じ方位角の向きのストライプのグループ内で前記極性の連続した遷移相互間の前記変換方向における最大長を越えること、

を特徴とする請求項70に記載の磁気記憶媒体。

【請求項72】前記循環遷移シーケンスの各周期はストライプの複数のグループを含むこと、

各グループは単一の方位角の向きのストライプを含むこと、及び1つの周期における少なくとも1つのグループは他のグループに含まれたストライプの数とは異なる数のストライプを含むこと、

を特徴とする請求項71に記載の磁気記憶媒体。

【請求項73】前記磁束遷移の循環シーケンスの各パターン周期は第1の向きの4つのストライプのグループ、それに続く第2の向きの4つのストライプのグループ、それに続く第1の向きの5つのストライプのグループ、それに続く第2の向きの5つのストライプのグループ、及び各グループの後に生じる遷移フリー・スペースを含むことを特徴とする請求項72に記載の磁気記憶媒体。

【請求項74】前記同期フィーチャは前記サーボ制御情報以外の情報を含むことを特徴とする請求項70に記載の磁気記憶媒体。

【請求項75】1つ又は複数の隣接するサーボ・トラックが1つ又は複数のサーボ・バンドを形成することを特徴とする請求項69に記載の磁気記憶媒体。

【請求項76】1つのバンド内の隣接するサーボ・トラックは同じものであることを特徴とする請求項75に記載の磁気記憶媒体。

【請求項77】1つのバンド内の隣接したサーボ・トラックは、1つのバンドにおけるすべての遷移が該バンドの幅を横切って連続するように前記変換方向の1つの線において相互の倒影であるパターンを含むことを特徴とする請求項75に記載の磁気記憶媒体。

【請求項78】前記記憶媒体上の2つのトラックはサーボ・バンドを、前記変換方向における該バンドの中心に関して対称的に形成すること、

各トラックは循環シーケンスを含み、該循環シーケンスの周期は第1の向きの4つの線形ストライプのグループ、それに続く第2の向きの4つの線形ストライプのグループ、それに続く第1の向きの5つの線形ストライプのグループ、それに続く第2の向きの5つの線形ストライプのグループ、及び各グループの後に生じる遷移フリー・スペースを含むこと、及び前記第1方位角の向き及び第2方位角の向きは前記バンドが遷移フリー・スペースによって分離された反対方向の4つ及び5つのシェブロン連続グループを含むように前記バンドの中心に沿って対称的であること、

を特徴とする請求項77に記載の磁気記憶媒体。

【請求項79】前記記憶媒体は前記サーボ・パターンが記録された磁性層を持ったテープ基板であることを特徴とする請求項69に記載の磁気記憶媒体。

【請求項80】サーボ・パターンをサーボ・トラックに記録されて成り、サーボ読取りヘッドが前記サーボ・パターンに関して移動する時、前記ヘッドからサーボ読取りヘッド信号を発生させるための磁気記憶媒体にして、前記サーボ・パターンは磁束遷移の循環シーケンスを含むこと、

前記磁束遷移は前記サーボ・トラックの幅を横切って連続的に延び、前記サーボ読取りヘッドがサーボ・トラックの幅を横切って移動する時前記サーボ読取りヘッド信号が変化するようなサーボ・パターン・ストライプを形成すること、

前記ストライプは少なくとも第1方位角の向き及び第2方位角の向きを、前記第1方位角の向きが前記第2方位角の向きに平行にならないように含み、複数の連続したサブグループを含むグループで配列されること、

前記サブグループの各々は複数の方位角の向きのストライプを含むこと、

前記グループは同期フィーチャによって分離されること、

を特徴とする磁気記憶媒体。

【請求項81】前記ストライプのサブグループはストライプの対を含み、前記対の各々は第1方位角の向きのストライプ及び第2方位角の向きのストライプを含むことを特徴とする請求項80に記載の磁気記憶媒体。

【請求項82】前記同期フィーチャは少なくとも1つの極性の遷移のない遷移フリー・スペースを含むこと、及び前記遷移フリー・スペースの前記変換方向における最小長は同じ方位角の向きのストライプのグループ内で前記極性の連続した遷移相互間の前記変換方向における最大長を越えること、

を特徴とする請求項80に記載の磁気記憶媒体。

【請求項83】前記同期フィーチャはサーボ制御情報以外の情報を含むことを特徴とする請求項80に記載の磁気記憶媒体。

【請求項84】1つ又は複数の隣接するサーボ・トラ

ックが1つ又は複数のサーボ・トラック・バンドを形成することを特徴とする請求項80に記載の磁気記憶媒体。

【請求項85】1つのバンド内の隣接するサーボ・トラックは同じものであることを特徴とする請求項84に記載の磁気記憶媒体。

【請求項86】1つのバンド内の隣接したサーボ・トラックは、1つのバンドにおけるすべての遷移が該バンドの幅を横切って連続するように前記変換方向における1つの線において相互に類似したパターンを含むことを特徴とする請求項84に記載の磁気記憶媒体。

【請求項87】1つのバンドにおける遷移は、前記バンドが遷移フリー・スペースによって分離された反対方向の4つ及び5つのシェブロン連続グループを含むように前記バンドの中心に沿った線に関して対称的であることを特徴とする請求項86に記載の磁気記憶媒体。

【請求項88】前記記憶媒体は前記サーボ・パターンが記録された磁性層を持ったテープ基板であることを特徴とする請求項86に記載の磁気記憶媒体。

【請求項89】テープ・カートリッジ・ドライブとインターフェースするように適応したカートリッジ・ハウジングと、

前記カートリッジ・ハウジング内に収納された磁気テープ記憶媒体と、

を含み、

前記記憶媒体は、データ・トラックに関連したサーボ・トラックにサーボ・パターンが記録された表面を有し、前記サーボ・パターンに関して移動するサーボ読取りヘッドにおいてサーボ読取りヘッド信号を発生させること、

前記サーボ・パターンは磁束遷移の循環シーケンスを含むこと、

前記磁束遷移は前記サーボ・トラックの幅を横切って連続的に延び、前記サーボ読取りヘッドがサーボ・トラックの幅を横切って移動する時前記サーボ読取りヘッド信号が変化するようサーボ・パターン・ストライプを形成すること、

前記ストライプは少なくとも第1方位角の向き及び第2方位角の向きを、前記第1方位角の向きが前記第2方位角の向きに平行にならないように含むこと、及び前記ストライプは前記第1方位角の向きに複数の連続ストライプを持ったグループ及びそれに続いて第2方位角の向きに複数の連続ストライプを持ったグループで配列されること、

を特徴とするテープ・カートリッジ。

【請求項90】前記ストライプは第1の向きの複数の連続ストライプを有するグループ及びそれに続く第2の向きの複数の連続ストライプを有するグループに配列され、サーボ・デコーダによって検出可能な同期フィーチャによって分離されることを特徴とする請求項89に

記載のテープ・カートリッジ。

【請求項91】前記同期フィーチャは少なくとも1つの極性の遷移のない遷移フリー・スペースを含むこと、及び前記遷移フリー・スペースの前記変換方向における最小長は同じ方位角の向きのストライプのグループ内で前記極性の連続した遷移相互間の前記変換方向における最大長を越えること、

を特徴とする請求項90に記載のテープ・カートリッジ。

【請求項92】前記循環遷移シーケンスの各パターン周期はストライプの複数個のグループを含むこと、各グループは単一の方位角の向きのストライプを含むこと、及び1つの周期における少なくとも1つのグループは他のグループに含まれたストライプの数とは異なる数のストライプを含むこと、

を特徴とする請求項91に記載のテープ・カートリッジ。

【請求項93】前記磁束遷移の循環シーケンスの各パターン周期は第1の向きの4つのストライプのグループ、それに続く第2の向きの4つのストライプのグループ、それに続く第1の向きの5つのストライプのグループ、それに続く第2の向きの5つのストライプのグループ、及び各グループの後に生じる遷移フリー・スペースを含むことを特徴とする請求項92に記載のテープ・カートリッジ。

【請求項94】1つ又は複数個の隣接するサーボ・トラックが1つ又は複数個のサーボ・トラック・バンドを形成することを特徴とする請求項89に記載のテープ・カートリッジ。

【請求項95】1つのバンド内の隣接するサーボ・トラックは同じものであることを特徴とする請求項94に記載のテープ・カートリッジ。

【請求項96】1つのバンド内の隣接したサーボ・トラックは、1つのバンドにおけるすべての遷移が該バンドの幅を横切って連続するように前記変換方向の1つの線において相互の倒影であるパターンを含むことを特徴とする請求項94に記載の磁気記憶媒体。

【請求項97】前記記憶媒体上の2つのトラックはサーボ・バンドを、前記変換方向における該バンドの中心に関して対称的に形成すること、

各トラックは循環シーケンスを含み、該循環シーケンスの周期は第1の向きの4つの線形ストライプのグループ、それに続く第2の向きの4つの線形ストライプのグループ、それに続く第1の向きの5つの線形ストライプのグループ、それに続く第2の向きの5つの線形ストライプのグループ、及び各グループの後に生じる遷移フリー・スペースを含むこと、及び前記第1方位角の向き及び第2方位角の向きは前記バンドが遷移フリー・スペースによって分離された反対方向の4つ及び5つのシェパロンの連続グループを含むよう前記バンドの中心に沿って、互いに類似したパターンを含むことを

って対称的であること、

を特徴とする請求項96に記載のテープ・カートリッジ。

【請求項98】サーボ読取りヘッドに関して移動する時に前記サーボ読取りヘッドからサーボ読取りヘッド信号を発生させるためのサーボ・パターンをサーボ・トラックに記録されたテープ・カートリッジにして、前記サーボ・パターンは磁束遷移の循環シーケンスを含むこと、

10 前記磁束遷移は前記サーボ・トラックの幅を横切って連続的に延び、前記サーボ読取りヘッドがサーボ・トラックの幅を横切って移動する時に前記サーボ読取りヘッド信号が変化するようなサーボ・パターン・ストライプを形成すること、

前記ストライプは少なくとも第1方位角の向き及び第2方位角の向きを、前記第1方位角の向きが前記第2方位角の向きに平行にならないように含み、複数個の連続したサブグループを含むグループで配列されること、

20 前記サブグループの各々は複数個の方位角の向きのストライプを含むこと、

前記グループは同期フィーチャによって分離されること、

を特徴とするテープ・カートリッジ。

【請求項99】前記ストライプのサブグループはストライプの対を含み、前記対の各々は第1方位角の向きのストライプ及び第2方位角の向きのストライプを含むことを特徴とする請求項98に記載のテープ・カートリッジ。

【請求項100】前記同期フィーチャは少なくとも1つの極性の遷移のない遷移フリー・スペースを含むこと、及び前記遷移フリー・スペースの前記変換方向における最小長は同じ方位角の向きのストライプのグループ内で前記極性の連続した遷移相互間の前記変換方向における最大長を越えること、

を特徴とする請求項98に記載のテープ・カートリッジ。

【請求項101】前記同期フィーチャはサーボ制御情報以外の情報を含むことを特徴とする請求項98に記載のテープ・カートリッジ。

40 【請求項102】1つ又は複数個の隣接するサーボ・トラックが1つ又は複数個のサーボ・トラック・バンドを形成することを特徴とする請求項98に記載のテープ・カートリッジ。

【請求項103】1つのバンド内の隣接するサーボ・トラックは同じものであることを特徴とする請求項102に記載のテープ・カートリッジ。

【請求項104】1つのバンド内の隣接したサーボ・トラックは、1つのバンドにおけるすべての遷移が該バンドの幅を横切って連続するように前記変換方向における

特徴とする請求項 102 に記載のテープ・カートリッジ。

【請求項 105】 1つのバンドにおける遷移は、前記バンドが遷移フリー・スペースによって分離された反対方向の 4つ及び 5つのシェブロン連続グループを含むように前記バンドの中心に沿った線に関して対称であることを特徴とする請求項 104 に記載のテープ・カートリッジ。

【請求項 106】 少なくとも 1つのサーボ・トラック上にサーボ・パターンを記録された磁気記憶媒体と、前記磁気記憶媒体を磁気ヘッド・アセンブリに関して移動させるための駆動手段と、

前記磁気ヘッド・アセンブリは前記磁気記憶媒体の表面に記録された前記サーボ・パターンを読取るために及びサーボ読取りヘッド信号を発生するために前記移動する磁気記憶媒体の表面に十分に近接して移動すること、及び前記磁気記憶媒体のトラックにおいてデータを読取り及び書き込むための少なくとも 1つのデータ・ヘッド及び前記磁気記憶媒体のトラック上のサーボ情報を読取るための少なくとも 1つのサーボ読取りヘッドを含むことと、

前記磁気記憶媒体の表面の少なくとも 1つのトラックに記録された前記サーボ・パターンを読取るために前記移動する磁気記憶媒体の表面に隣接して前記磁気ヘッド・アセンブリを位置づけるためのサーボ制御システムと、前記サーボ読取りヘッド信号を受け、それをデコードして前記サーボ・パターンに関する前記サーボ読取りヘッドの位置を表す位置信号を発生するサーボ・デコーダと、

前記ヘッド・アセンブリを前記磁気記憶媒体に関して位置づけるように作動する変換アセンブリと、

前記位置信号に従って前記変換アセンブリを作動させるサーボ・コントローラと、

を含み、

前記サーボ・デコーダは磁束遷移の循環シーケンスを含むサーボ・パターンから発生されたサーボ読取りヘッド信号をデコードするための手段を含むこと、

前記磁束遷移は前記トラックの幅を横切って連続的に延び、前記磁気ヘッドが前記トラックの幅を横切って移動する時に前記サーボ読取りヘッド信号が変化するようなサーボ・パターン・ストライプを形成すること、

前記ストライプは少なくとも第 1 方位角の向き及び第 2 方位角の向きを、前記第 1 方位角の向きが前記第 2 方位角の向きに平行にならないように含むこと、及び前記ストライプは、前記第 1 方位角の向きの複数の連続ストライプを含むグループ及びそれに続く前記第 2 方位角の向きの複数の連続ストライプを含むグループで配列されること、

を特徴とするデータ記憶システム。

【請求項 107】 単一の向きの連続ストライプのグルー

プは他の向きの連続ストライプのグループから同期フィーチャによって分離されることを特徴とする請求項 106 に記載のデータ記憶システム。

【請求項 108】 前記同期フィーチャは少なくとも 1つの極性の遷移のない遷移フリー・スペースを含むこと、及び前記遷移フリー・スペースの前記変換方向における最小長は同じ方位角の向きのストライプのグループ内で前記極性の連続した遷移相互間の前記変換方向における最大長を越えること、

を特徴とする請求項 107 に記載のデータ記憶システム。

【請求項 109】 前記循環遷移シーケンスの各パターン周期はストライプの複数のグループを含むこと、各グループは単一の方位角の向きのストライプを含むこと、及び 1つの周期における少なくとも 1つのグループは他のグループに含まれたストライプの数とは異なる数のストライプを含むこと、

を特徴とする請求項 108 に記載のデータ記憶システム。

【請求項 110】 前記サーボ・デコーダは 1つのパターン周期内の個々の遷移フリー・スペースを、前のストライプのグループにおいて検出されたストライプの数をカウントすることによって識別することを特徴とする請求項 109 に記載のデータ記憶システム。

【請求項 111】 前記磁束遷移の循環シーケンスの各パターン周期は第 1 の向きの 4つのストライプのグループ、それに続く第 2 の向きの 4つのストライプのグループ、それに続く第 1 の向きの 5つのストライプのグループ、それに続く第 2 の向きの 5つのストライプのグループ、及び各グループの後に生じる遷移フリー・スペースを含むことを特徴とする請求項 109 に記載のデータ記憶システム。

【請求項 112】 前記同期フィーチャは前記サーボ制御情報以外の情報を含むことを特徴とする請求項 109 に記載のデータ記憶システム。

【請求項 113】 1つ又は複数の隣接するサーボ・トラックが 1つ又は複数のサーボ・トラック・バンドを形成することを特徴とする請求項 106 に記載のデータ記憶システム。

【請求項 114】 1つのバンド内の隣接するサーボ・トラックは同じものであることを特徴とする請求項 113 に記載のデータ記憶システム。

【請求項 115】 1つのバンド内の隣接したサーボ・トラックは、1つのバンドにおけるすべての遷移が該バンドの幅を横切って連続するように前記変換方向における 1つの線において相互に類似したパターンを含むことを特徴とする請求項 113 に記載のデータ記憶システム。

【請求項 116】 前記記憶媒体上の 2つのトラックがサーボ・バンドを、前記変換方向における該バンドの中心に関して対称的に形成すること、

各トラックは循環シーケンスを含み、該循環シーケンスの周期は第1の向きの4つの線形ストライプのグループ、それに続く第2の向きの4つの線形ストライプのグループ、それに続く第1の向きの5つの線形ストライプのグループ、それに続く第2の向きの5つの線形ストライプのグループ、及び各グループの後に生じる遷移フリー・スペースを含むこと、及び前記第1及び第2方位角の向きは前記バンドが遷移フリー・スペースによって分離された反対方向の4つ及び5つのシェブロン連続グループを含むように前記バンドの中心に関して対称的な補助角を含むこと、

を特徴とする請求項115に記載のデータ記憶システム。

【請求項117】前記信号デコーダは第1磁束極性を持った磁束遷移に対応するサーボ読取りヘッドからの信号を検出し、第2磁束極性を持った磁束遷移を無視すること、を特徴とする請求項106に記載のデータ記憶システム。

【請求項118】前記記憶媒体上に前記サーボ・パターンを書込むための手段を含むことを特徴とする請求項106に記載のデータ記憶システム。

【請求項119】少なくとも1つのサーボ・トラック上にサーボ・パターンを記録された磁気記憶媒体と、前記磁気記憶媒体を磁気ヘッド・アセンブリに関して移動させるための駆動手段と、

前記磁気ヘッド・アセンブリは前記磁気記憶媒体の表面に記録された前記サーボ・パターンを読取るために及びサーボ読取りヘッド信号を発生するために前記移動する磁気記憶媒体の表面に十分に近接して移動すること、及び前記磁気記憶媒体のトラックにおいてデータを読取り及び書込むための少なくとも1つのデータ・ヘッド及び前記磁気記憶媒体のトラック上のサーボ情報を読取るための少なくとも1つのサーボ読取りヘッドを含むことと、

前記磁気記憶媒体の表面の少なくとも1つのトラックに記録された前記サーボ・パターンを読取るために前記移動する磁気記憶媒体の表面に隣接して前記磁気ヘッド・アセンブリを位置づけるためのサーボ制御システムと、

前記サーボ読取りヘッド信号を受け、それをデコードして前記サーボ・パターンに関する前記サーボ読取りヘッドの位置を表す位置信号を発生するサーボ・デコーダと、

前記ヘッド・アセンブリを前記磁気記憶媒体に関して位置づけるように作動する変換アセンブリと、

前記位置信号に従って前記変換アセンブリを作動させるサーボ・コントローラと、

を含み、

前記サーボ・デコーダは磁束遷移の循環シーケンスを含むサーボ・パターンから発生されたサーボ読取りヘッド信号をデコードするための手段を含むこと、

前記磁束遷移は前記トラックの幅を横切って連続的に延び、前記磁気ヘッドが前記トラックの幅を横切って移動する時に前記サーボ読取りヘッド信号が変化するようなサーボ・パターン・ストライプを形成すること、

前記ストライプは少なくとも第1方位角の向き及び第2方位角の向きを、前記第1方位角の向きが前記第2方位角の向きに平行にならないように含むこと、及び前記ストライプは複数の連続サブグループを含むグループで配列され、前記サブグループの各々は複数の方位角の向きのストライプを含み、前記グループは同期フィーチャによって分離されること、

を特徴とするデータ記憶システム。

【請求項120】少なくとも1つのサーボ・トラック上にサーボ・パターンを記録された磁気記憶媒体と、前記磁気記憶媒体を磁気ヘッド・アセンブリに関して移動させるための駆動手段と、

前記磁気ヘッド・アセンブリは前記磁気記憶媒体の表面に記録された前記サーボ・パターンを読取るために及びサーボ読取りヘッド信号を発生するために前記移動する磁気記憶媒体の表面に十分に近接して移動すること、及び前記磁気記憶媒体のトラックにおいてデータを読取り及び書込むための少なくとも1つのデータ・ヘッド及び前記磁気記憶媒体のトラック上のサーボ情報を読取るための少なくとも1つのサーボ読取りヘッドを含むことと、

前記磁気記憶媒体の表面の少なくとも1つのトラックに記録された前記サーボ・パターンを読取るために前記移動する磁気記憶媒体の表面に隣接して前記磁気ヘッド・アセンブリを位置づけるためのサーボ制御システムと、

前記サーボ読取りヘッド信号を受け、それをデコードして前記サーボ・パターンに関する前記サーボ読取りヘッドの位置を表す位置信号を発生するサーボ・デコーダと、

前記ヘッド・アセンブリを前記磁気記憶媒体に関して位置づけるように作動する変換アセンブリと、

前記位置信号に従って前記変換アセンブリを作動させるサーボ・コントローラと、

を含み、

前記サーボ・デコーダは、前記記憶媒体上に記録された所定のサーボ・パターンと前記読取りヘッド信号とを相関させるような前記読取りヘッド信号のパターン認識によってエラーを検出するための手段を含み、前記信号がエラー限界内で相関しない場合、前記サーボ・デコーダはエラー状態を表すことを特徴とするデータ記憶システム。

【請求項121】前記サーボ・デコーダのエラーを検出するための手段は周期的同期フィーチャを含む磁束遷移の循環シーケンスより成るサーボ・パターンを検出すること、及び前記サーボ・デコーダは、同期フィーチャ相互間で生じる遷移の数をカウントすること及び前記遷移

の数と所定のサーボ・パターンにおける遷移の数とを比較することによって、前記サーボ・デコーダによってカウントされた遷移の数が前記所定のサーボ・パターンにおける遷移の数に等しくない場合、前記サーボ・デコーダがエラー状態を表すように、前記読取りヘッド信号を相関させること、

を特徴とする請求項 1 2 0 に記載のデータ記憶システム。

【請求項 1 2 2】前記サーボ・デコーダのエラーを検出するための手段は磁束遷移の循環シーケンスを含むサーボ・パターンから生じた読取りヘッド信号をデコードすること、

前記磁束遷移は前記トラックの幅を横切って連続的に延び、前記磁気ヘッドがトラックの幅を横切って移動する時に前記サーボ読取りヘッド信号が変化するようなサーボ・パターン・ストライプを形成すること、

前記ストライプは少なくとも第 1 方位角の向き及び第 2 方位角の向きを、前記第 1 方位角の向きが前記第 2 方位角の向きに平行にならないように含むこと、及び前記ストライプは前記第 1 方位角の向きに複数の連続ストライプを持ったグループ及びそれに続く第 2 方位角の向きに複数の連続ストライプを持ったグループで配列されること、

を特徴とする請求項 1 2 1 に記載のデータ記憶システム。

【請求項 1 2 3】前記サーボ・パターンの同期フィーチャは少なくとも 1 つの極性の遷移のない遷移フリー・スペースを含むこと、及び前記遷移フリー・スペースの前記変換方向における最小長は同じ方位角の向きのストライプのグループ内で前記極性の連続した遷移相互間の前記変換方向における最大長を越えること、

を特徴とする請求項 1 2 2 に記載のデータ記憶システム。

【請求項 1 2 4】前記サーボ・デコーダのエラーを検出するための手段は磁束遷移の循環シーケンスを含むサーボ・パターンから生じた読取りヘッド信号をデコードすること、

前記磁束遷移は前記トラックの幅を横切って連続的に延び、前記磁気ヘッドが前記トラックの幅を横切って移動する時に前記サーボ読取りヘッド信号が変化するようなサーボ・パターン・ストライプを定義すること、

前記ストライプは少なくとも第 1 方位角の向き及び第 2 方位角の向きを、前記第 1 方位角の向きが前記第 2 方位角の向きに平行にならないように含むこと、及び前記ストライプは複数の連続したサブグループを含むグループで配列され、前記サブグループの各々は複数の方位角の向きにストライプを有し、前記グループは前記サーボ・デコーダによって検出可能な同期フィーチャによって分離されること、

を特徴とする請求項 1 2 1 に記載のデータ記憶システム。

ム。

【請求項 1 2 5】前記サーボ・パターンの同期フィーチャは少なくとも 1 つの極性の遷移のない遷移フリー・スペースを含むこと、及び前記遷移フリー・スペースの前記変換方向における最小長は同じ方位角の向きのストライプのグループ内で前記極性の連続した遷移相互間の前記変換方向における最大長を越えること、

を特徴とする請求項 1 2 4 に記載のデータ記憶システム。

10 【請求項 1 2 6】前記サーボ・デコーダの位置信号は一連の値を含み、前記サーボ・デコーダが前記読取りヘッド信号におけるエラー状態を表す場合、現在の位置信号の値は前記エラー状態の前に生じた 1 つ又は複数の位置信号の値から取り出された値でもって置換されることを特徴とする請求項 1 2 0 に記載のデータ記憶システム。

【請求項 1 2 7】前記置換される値はエラー状態が表される前に前記サーボ・デコーダによって発生された最後の位置信号の値であることを特徴とする請求項 1 2 6 に記載のデータ記憶システム。

20 【請求項 1 2 8】前記サーボ制御システムは、前記記憶媒体上の更なるサーボ・パターンを読取り、前記更なるサーボ・パターンを表す更なる読取りヘッド信号を発生するための 1 つ又は複数の更なる読取りヘッドと、

前記更なる読取りヘッド信号を受け、それらをデコードして前記サーボ・パターンに関する前記更なる読取りヘッドの位置を表す更なる位置信号を発生する 1 つ又は複数の更なるサーボ・デコーダと、

30 を含み、前記サーボ制御システムは、廃棄された現在の位置信号の値を、エラー状態にない 1 つ又は複数の更なる位置信号の値から取り出された値でもって置換することを特徴とする請求項 1 2 7 に記載のデータ記憶システム。

【請求項 1 2 9】少なくとも 1 つのサーボ・トラック上にサーボ・パターンを記録された磁気記憶媒体と、前記磁気記憶媒体を磁気ヘッド・アセンブリに関して移動させるための駆動手段と、

40 前記磁気ヘッド・アセンブリは前記磁気記憶媒体の表面に記録された前記サーボ・パターンを読取るために及びサーボ読取りヘッド信号を発生するために前記移動する磁気記憶媒体の表面に十分に近接して移動すること、及び前記磁気記憶媒体のトラックにおいてデータを読取り及び書込むための少なくとも 1 つのデータ・ヘッド及び前記磁気記憶媒体のトラック上のサーボ情報を読取るための少なくとも 1 つのサーボ読取りヘッドを含むことと、

前記磁気記憶媒体の表面の少なくとも 1 つのトラックに記録された前記サーボ・パターンを読取るために前記移動する磁気記憶媒体の表面に隣接して前記磁気ヘッド・

アセンブリを位置づけるためのサーボ制御システムと、前記サーボ読取りヘッド信号を受け、それをデコードして前記サーボ・パターンに関する前記サーボ読取りヘッドの位置を表す位置信号を発生するサーボ・デコーダと、前記ヘッド・アセンブリを前記磁気記憶媒体に関して位置づけるように作動する変換アセンブリと、前記位置信号に従って前記変換アセンブリを作動させるサーボ・コントローラと、を含み、前記サーボ・デコーダは磁束遷移の循環シーケンスを含むサーボ・パターンから生じた読取りヘッド信号をデコードするための手段を含むこと、前記磁束遷移は前記トラックの幅を横切って連続的に延び、前記磁気ヘッドがトラックの幅を横切って移動する時に前記サーボ読取りヘッド信号が変化するようなサーボ・パターン・ストライプを形成すること、前記ストライプは少なくとも第 1 方位角の向き及び第 2 方位角の向きを、前記第 1 方位角の向きが前記第 2 方位角の向きに平行にならないように含むこと、及び前記サーボ・デコーダは前記サーボ・パターンにおける複数の所定の磁束遷移の対相互間の時間インターバルを決定し、前記時間インターバルの関数である実質的に速度不変の位置信号を発生すること、を特徴とするデータ記憶システム。

【請求項 1 3 0】前記サーボ・デコーダのデコードするための手段は前記第 1 方位角の向きのストライプから前記第 2 方位角の向きのストライプまでの前記読取りヘッド信号の時間インターバル及び同じ向きの 2 つのストライプ相互間の時間インターバルの比に従って位置信号を発生することを特徴とする請求項 1 2 9 に記載のデータ記憶システム。

【請求項 1 3 1】前記サーボ・デコーダのデコードするための手段は第 1 磁束極性を持った磁束遷移に対応する読取りヘッドからの信号を検出し、第 2 磁束極性を持った磁束遷移を無視することを特徴とする請求項 1 2 9 に記載のデータ記憶システム。

【請求項 1 3 2】少なくとも 1 つのサーボ・トラック上にサーボ・パターンを記録された磁気記憶媒体と、前記磁気記憶媒体を磁気ヘッド・アセンブリに関して移動させるための駆動手段と、前記磁気ヘッド・アセンブリは前記磁気記憶媒体の表面に記録された前記サーボ・パターンを読取るために及びサーボ読取りヘッド信号を発生するために前記移動する磁気記憶媒体の表面に十分に近接して移動すること、及び前記磁気記憶媒体のトラックにおいてデータを読取り及び書込むための少なくとも 1 つのデータ・ヘッド及び前記磁気記憶媒体のトラック上のサーボ情報を読取るための少なくとも 1 つのサーボ読取りヘッドを含むことと、

前記磁気記憶媒体の表面の少なくとも 1 つのトラックに記録された前記サーボ・パターンを読取るために前記移動する磁気記憶媒体の表面に隣接して前記磁気ヘッド・アセンブリを位置づけるためのサーボ制御システムと、前記サーボ読取りヘッド信号を受け、それをデコードして前記サーボ・パターンに関する前記サーボ読取りヘッドの位置を表す位置信号を発生するサーボ・デコーダと、

前記ヘッド・アセンブリを前記磁気記憶媒体に関して位置づけるように作動する変換アセンブリと、前記位置信号に従って前記変換アセンブリを作動させるサーボ・コントローラと、を含み、

前記磁気ヘッド・アセンブリは少なくとも 1 つのデータ読取りヘッドを含み、変換方向に対して垂直な方向のヘッドの寸法を幅として定義した場合、前記サーボ読取りヘッドは最も狭いデータ読取りヘッドの幅の半分より小さい幅を有することを特徴とするデータ記憶システム。

【請求項 1 3 3】前記サーボ・パターンを含む前記サーボ・トラックの幅は単一のデータ・トラックの幅よりも広いことを特徴とする請求項 1 3 2 に記載のデータ記憶システム。

【請求項 1 3 4】前記記憶媒体上の 1 つ又は複数の隣接するサーボ・トラックが 1 つ又は複数のサーボ・バンドを形成することを特徴とする請求項 1 3 2 に記載のデータ記憶システム。

【請求項 1 3 5】1 つのサーボ・バンドは単一のデータ・トラックよりも幅広いことを特徴とする請求項 1 3 4 に記載のデータ記憶システム。

【請求項 1 3 6】前記サーボ・デコーダのデコードするための手段は、磁束遷移の循環シーケンスを含むサーボ・パターンから生じたヘッド読取り信号をデコードすること、

前記磁束遷移は前記トラックの幅を横切って連続的に延び、前記磁気ヘッドが前記トラックの幅を横切って移動する時に前記サーボ読取りヘッド信号が変化するようなサーボ・パターン・ストライプを形成すること、及び前記ストライプは少なくとも第 1 方位角の向き及び第 2 方位角の向きを、前記第 1 方位角の向きが前記第 2 方位角の向きに平行にならないように含むこと、を特徴とする請求項 1 3 2 に記載のデータ記憶システム。

【請求項 1 3 7】前記サーボ・パターン・ストライプは第 1 方位角の向きの複数の連続ストライプを有するグループ及びそれに続く第 2 方位角の向きの複数の連続ストライプを有するグループで配列されることを特徴とする請求項 1 3 6 に記載のデータ記憶システム。

【請求項 1 3 8】変換方向に沿って記憶媒体上のトラックに記録された磁束遷移の循環シーケンスを含むサーボ・パターンを磁気記憶媒体上に生じさせる方法にして、

前記磁束遷移はサーボ・トラックの幅を横切って連続的に延び、サーボ・パターン・ストライプを形成し、前記ストライプは少なくとも第 1 方位角の向き及び第 2 方位角の向きを、前記第 1 方位角の向きが前記第 2 方位角の向きに平行にならないように含み、前記ストライプは前記第 1 方位角の向きの複数個の離間した連続ストライプを含むグループ及びそれに続く第 2 方位角の向きの複数個の離間した連続ストライプを含むグループで配列され、

複数ギャップのサーボ書き込みヘッドに関して前記変換方向に前記磁気記憶媒体を移動させるステップにして、前記サーボ書き込みヘッドは前記変換方向に離間したリーディング・ギャップ及びトレーリング・ギャップを少なくとも有し、磁束を発生するために及び前記第 1 方位角の向きの少なくとも 1 つのサーボ・パターン及び前記第 2 方位角の向きの少なくとも 1 つのサーボ・パターンをサーボ・トラックに記録するために電流パルス进行供給されるものと、

前記複数ギャップのサーボ書き込みヘッドに所定の極性を有する反復した電流パルスのグループを供給するステップにして、前記電流パルスのグループは遅延時間インターバルによって時間的に相互に分離され、1 つのグループ内の反復した電流パルスのタイミングは該グループの最後の電流パルス中にトレーリング・ギャップによって記録されたストライプが該グループの第 1 電流パルス中にリーディング・ギャップによって記録されたストライプとトレーリング・ギャップによって記録されたストライプとの間に完全に存在するようなタイミングであり、前記遅延時間インターバルはパルスのグループによって書込まれたすべてのストライプが前の電流パルスのグループによって書込まれたストライプを完全に越えて存在するように十分に長いものであるものと、

前記磁気記憶媒体に記録されたストライプが前記サーボ・パターンを含むまで前記電流パルスのグループを供給するステップを反復するステップと、を含む方法。

【請求項 1 3 9】前記変換方向に沿った前記記憶媒体上のストライプ位置は、前記移動させるステップ中は、前記変換方向に所定の速度で前記磁気記憶媒体を反復的に移動させることによって制御され、前記供給するステップ中は、前記反復した電流パルスを一定のタイミング・インターバルで供給することによって制御されることを特徴とする請求項 1 3 8 に記載の方法。

【請求項 1 4 0】前記変換方向に沿った前記記憶媒体上のストライプ位置は、前記移動させるステップ中は、前記記憶媒体の速度を反復的に測定することによって制御され、前記供給するステップ中は、所望のストライプ間隔を得るために前記速度の測定から得られた前記反復した電流パルスを時々供給することによって制御されることを特徴とする請求項 1 3 8 に記載の方法。

【請求項 1 4 1】前記供給するステップは、任意の 2 つのサーボ・パターン・グループ相互間の前記変換方向における最小間隔が任意の 2 つのサーボ・パターン・ストライプ相互間の前記変換方向における間隔を越えるように、前記遅延時間インターバルを十分に長くすること及び前記複数ギャップのサーボ書き込みヘッドのギャップ相互間の間隔を十分に長くすることによって各サーボ・パターン・グループ後の遷移フリー・スペーシング・インターバルを作るステップを含むことを特徴とする請求項 1 3 8 に記載の方法。

【請求項 1 4 2】前記電流パルスのグループを供給するステップは、記録された遷移の循環シーケンスの各パターン周期がストライプの複数個のグループを含むように反復されること、

該グループの各々は単一の方位角の向きのストライプを含むこと、及び 1 つの周期内の少なくとも 1 つのグループは他のストライプのグループ内に含まれるストライプの数とは異なる数のストライプを含むこと、を特徴とする請求項 1 4 1 に記載の方法。

【請求項 1 4 3】前記電流パルスのグループを供給するステップは、記録された遷移の循環シーケンスの各パターン周期が第 1 方位角の向きの 4 つのストライプのグループ、それに続く第 2 方位角の向きの 4 つのストライプのグループ、それに続く第 1 方位角の向きの 5 つのストライプのグループ、それに続く第 2 方位角の向きの 5 つのストライプのグループ、及びストライプの各グループの後に生じる遷移フリー・スペーシング・インターバルを含むように反復されることを特徴とする請求項 1 4 2 に記載の方法。

【請求項 1 4 4】変換方向に沿って記憶媒体上のトラックに記録された磁束遷移の循環シーケンスを含むサーボ・パターンを磁気記憶媒体上に生じさせる方法にして、前記磁束遷移はサーボ・トラックの幅を横切って連続的に延び、サーボ・パターン・ストライプを形成し、前記ストライプは少なくとも第 1 方位角の向き及び第 2 方位角の向きを、前記第 1 方位角の向きが前記第 2 方位角の向きに平行にならないように含み、前記ストライプは前記第 1 方位角の向きの複数個の離間した連続ストライプを含むグループ及びそれに続く第 2 方位角の向きの複数個の離間した連続ストライプを含むグループで配列され、前記ストライプは複数個の連続したサブグループを含むグループで配列され、各サブグループは同期フィッチャによって分離され、

複数ギャップのサーボ書き込みヘッドに関して前記変換方向に前記磁気記憶媒体を移動させるステップにして、変換方向に離間したリーディング・ギャップ及びトレーリング・ギャップを少なくとも有し、磁束を発生するために及び前記第 1 方位角の向きの少なくとも 1 つのサーボ・パターン及び前記第 2 方位角の向きの少なくとも 1 つのサーボ・パターンをサーボ・トラックに記録する

ために電流パルスを提供されるものと、

前記複数ギャップのサーボ書込みヘッドに所定の極性を有する反復した電流パルスのグループを供給するステップにして、前記電流パルスのグループは遅延時間インターバルによって時間的に相互に分離され、1つのグループ内の反復した電流パルスのタイミングは該グループの各電流パルスでもって前記トレーリング・ギャップにより記録されたストライプが該グループにおける前の電流パルスの後のリーディング・ギャップによって記録されたストライプを完全に越えて存在するようなタイミングであり、前記遅延時間インターバルは1つのグループの最後の電流パルス中に前記リーディング・ギャップによって記録されたストライプと後続のグループの第1の電流パルス中に前記トレーリング・ギャップによって記録されたストライプとの間の前記変換方向に沿った最小間隔が電流パルスのグループにより書込まれたストライプのセットにおける連続したストライプの任意の対の間の前記変換方向に沿った最大間隔よりも大きくなるように十分に長いものと、

前記磁気記憶媒体に記録されたストライプが前記サーボ・パターンを含むまで前記電流パルスのグループを供給するステップを反復するステップと、を含む方法。

【請求項145】前記変換方向に沿った前記記憶媒体上のストライプ位置は、前記移動させるステップ中は、前記変換方向に所定の速度で前記磁気記憶媒体を反復的に移動させることによって制御され、前記供給するステップ中は、前記反復した電流パルスを一定のタイミング・インターバルで供給することによって制御されることを特徴とする請求項144に記載の方法。

【請求項146】前記変換方向に沿った前記記憶媒体上のストライプ位置は、前記移動させるステップ中は、前記記憶媒体の速度を反復的に測定することによって制御され、前記供給するステップ中は、所望のストライプ間隔を得るために前記速度の測定から得られた前記反復した電流パルスを時々供給することによって制御されることを特徴とする請求項144に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、概して云えば、磁気記憶媒体におけるデータの記録及び読取りに関するものであり、更に詳しく云えば、磁気記憶媒体におけるトラックに関して磁気ヘッドの位置を維持するサーボ制御システムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】磁気記憶媒体上のトラックにおけるデータの記録及び読取りは、磁気読取り／書込みヘッドを正確に位置付けることを必要とする。磁気読取り／書込みヘッドは、データの記録動作及び読取り動作が生じる時、特定のトラックに素早く移動しそしてその上に中心

合わせして維持されなければならない。磁気ヘッドと磁気記憶媒体との間で変換方向に相対的移動が生じた時、それら磁気ヘッドはデータを記録すること及び読取ることができる。磁気ヘッドは、変換方向に対して直角の移動方向にトラックの幅を横切ってトラックからトラックへ移動させられる。

【0003】例えば、記録可能なディスクは、一般には、同心円のデータ・トラックを有し、磁気ヘッドの下で回転する。その回転の方向が変換方向 (transducing direction) として定義される。トラック相互間の半径方向の移動が移動方向 (translating direction) として定義される。磁気テープは、一般に、テープ・エッジに平行にそのテープの長さ方向に沿って変換方向に延びるデータ・トラックを有する。しかし、磁気テープの螺旋状走査システムでは、テープはヘッドの下を移動し、ヘッドは或角度でそのテープの幅を横切って移動するので、その斜め方向が変換方向として定義される。

【0004】磁気記憶媒体上でデータを読取り及び記録する記憶装置は、一般には、移動方向にデータ・ヘッドを適正に位置づけるためにサーボ制御システムを使用する。サーボ制御システムは、その記憶媒体上のサーボ・トラックに記録されたサーボ制御情報を読み取るサーボ磁気ヘッドから位置信号を抽出する。一般には、サーボ制御情報は、2つの平行するが異なるパターンを含む。サーボ・ヘッドは、データ・トラックと並んで記録された2つの異なるサーボ・パターンの間の境界を追従する。サーボ・ヘッドがそれらサーボ・パターンの間の境界に関して位置決めされる時、関連の読取り／書込みヘッドもデータ・トラックに関して位置決めされる。

【0005】サーボ・パターンは、サーボ・トラックを横切って途中まで延び且つ異なる位相又は周波数を有する2つの半分幅の磁束遷移のバーストより成るものでもよい。これらのパターンは、1つのサーボ位置がそれらパターンの隣接した対によって定義されるため、「ハーフ・トラック」と呼ばれることが多い。一般に、サーボ・ヘッドは、サーボ・トラックのほぼ半分の幅よりも大きいか或いは等しい幅を有する。半分幅のサーボ・ヘッドの場合、そのヘッドがトラックの半分よりも大きく中心からずれて移動するまで、ヘッドを位置決めのために移動させるべき方向を容易に決定することができる。トラック幅の半分よりも小さいサーボ・ヘッドは、ヘッドがそのサーボ・トラックの一方の半分又は他方の半分の完全に越えてしまうと、移動させるべき方向を決定することができないであろう。トラック幅の半分よりも大きいサーボ・ヘッドは、サーボ用及びデータ用に同じ読取りヘッドを使用する組込型サーボ・システムにおいて最も普通に使用される。そのようなシステムの場合、ヘッドが隣接のトラック・パターンに入り込んで走るという問題を避けるために、パターンは1つおきに異なるように作られる。そうしないと、ヘッドを移動させるべき方

向を決定することができない。

【0006】そのハーフ・トラック・サーボ制御方法に対する1つの代替方法が米国特許第3,686,649号に開示されている。この特許は、サーボ制御情報を使用したディスク・ドライブ・サーボ制御システムを開示しており、そのサーボ制御情報は、ディスクの半径に平行な線から2つの異なる角度でサーボ・トラック幅を横切って延びる磁束遷移の線より成る。一対のそのような遷移線は、対称的な台形の形をした制御ゾーンを定義する。制御ヘッドは、第1遷移によって発生された正変位パルス及び第2遷移によって発生された負変位パルスを検出する。そのようにして発生された信号は、制御ヘッドがサーボ・トラックの中心線からどのくらい逸脱しているかを示すために基準信号と比較されるパルス位置信号を含む。そのシステムは、記憶ディスク上で25.4ミリメートル（1インチ）当たり200トラック以上を可能にすると云われている。それにも関わらず、遥かに大きい記憶密度のディスク記憶装置及びテープ記憶装置に対する需要がある。例えば、通常のディスク・ドライブは25.4ミリメートル当たり5000トラックを設けることが可能である。

【0007】ハーフ・トラック・サーボ制御方法は、ディスク・ドライブのような直接アクセス記憶装置にとって概して満足すべきものであることがわかった。テープ記憶システムは独特な特性の下で動作し、高い記憶密度を与えることが極めて困難である。磁気テープ記憶システムでは、記憶媒体—磁気ヘッドのインターフェースは、ディスク・システムにおいて一般に見られる環境のようにクリーンなものではなく、殆どのディスク・システムと違って、磁気テープは、実質的に、磁気ヘッドと接触して動作する。比較的汚れた環境、媒体とヘッドとの間の連続した接触、及びサーボ・ヘッドの比較的大きい幅は、媒体及びサーボ・ヘッドの両方に大きな磨耗及び傷を生じさせ、それら両方の表面における汚染領域の形成を生じさせる。その結果、サーボ制御情報に対するサーボ・ヘッドの空間的応答は、時間に従って、即ち、長時間にわたる磨耗の結果として徐々に、及び汚染屑との相互作用の結果として突然に変化する。

【0008】サーボ・ヘッドの空間的応答の変化は位置信号のエラーを生じさせるので、サーボ・ヘッドがサーボ・トラックの中心線から実際に変位した時にトラック位置決め誤りがないことを位置信号が表すことがある。位置信号におけるエラーは、一般には、位置信号そのものから検出することは困難である。その結果、信頼性を高めるために冗長なサーボ・トラックがよく使用される。その場合、サーボ制御システムは、2つ又はそれ以上の冗長トラックからのデータが一致する場合だけ位置信号データを使用する。冗長なサーボ・トラックは、データ記録のために利用可能なテープ記憶媒体の表面領域を減少させ、更に多くのヘッド及び支持電子装置を必要

とする。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】上記説明から、サーボ・ヘッドにおける磨耗及び屑による位置信号エラーの大きさを減少させ、位置信号エラーが更に容易に検出されることを可能にする、特に磁気テープ環境に適合したサーボ制御システムに対する必要性があることは明らかである。本発明はこの必要性を満足させるものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、磁気媒体記憶装置におけるトラック・フォローイング・サーボ制御システムが、1つ又は複数個の特別にパターン化されたサーボ・トラックからヘッド位置情報を抽出する。そのサーボ・パターンは、ヘッドがサーボ・トラックの幅を横切って移動する時、そのパターン上の任意のポイントからそのパターンを読取ることによって抽出されるサーボ位置信号パルスのタイミングが連続的に変わるように、サーボ・トラックにおいて複数の方位角の向きに記録された磁気遷移より成る。サーボ読取りヘッドによって発生されたパルスのタイミングは適当な回路によってデコードされ、記憶媒体における所望のデータ・トラック上にデータ・ヘッドを位置づけるためにそのサーボ・システムによって使用される速度不変の位置信号を与える。

【0011】本発明の1つの特徴では、サーボ・パターンは、2つの異なる遷移方位角の向きを含む反復する循環型シーケンスより成る。例えば、そのパターンは、トラックの長さ方向に対して実質的に直角な直線的遷移と方位角（azimuth）的に傾いた又は傾斜した遷移とが交互にされたものより成る。即ち、方位角的に傾斜した遷移は、ヘッド変換方向に対して或角度でトラックの幅を横切って延びている。サーボ読取りヘッドによって読取られた遷移の相対的タイミングは、トラックの中心に関するヘッド位置に従って直線的に変化する。速度不変性は、2つのタイミング・インターバルの比率を決定することによって与えられる。特に、その比率は、同様の遷移相互間で測定されたインターバルでもって異なる遷移相互間の可変的な時間インターバルを正規化することによって決定可能である。サーボ・トラック・パターンの幅及びデータ・トラック幅に関して狭い読取りヘッドを使用することによって、最大のダイナミック・レンジ及び直線性が得られる。サーボ・パターンに対するデコードの同期は、スペーシング・インターバルと呼ばれる周期的ギャップを、或いはパターン開始ポイントとして認識されるそのパターン内に同期ギャップを設けることによって達成される。

【0012】本発明のもう1つの特徴では、サーボ・パターン・シーケンスの認識を通して達成される。例えば、サーボ・パターンが同期ギャップ相互間に所定数の遷移を含む場合、ギャップ相互間で予期した数の遷移に

遭遇できなかったことは不完全なサーボ・トラック読取りを表す。同様に、サーボ・パターン・シーケンス内の種々なインターバルのタイミングが既知のフォーマットに適合しなければならない。或パラメータで一致し得ないことは、誤りのあるサーボ・トラック読取りを表す。エラーを検出した場合、システムは、異なる（冗長な）サーボ・トラックからの情報を代用することによって、又は算定された値の情報を一時的に代用することによって、障害のある情報を訂正することが可能である。

【0013】テープ記憶媒体上のサーボ・パターンは、複数ギャップのサーボ書き込みヘッドを使用して発生可能である。ヘッドのギャップは、前述のサーボ・パターン・フィーチャを発生するに適した形状を有する。2つの異なる方位角の向きで直線的な遷移を構成するサーボ・パターンに対しては、各向きにおいて1つの狭い真っ直ぐなギャップを有するデュアル・ギャップ・ヘッドが十分である。本発明の1つの特徴では、ヘッドのパターン化されたギャップは、フェライト・リング・ヘッド構造体上にバーマロイ材料を写真平板的に形成されたメッキを施すことによって作られる。書き込みヘッドの巻線を通る電流のパルスは、ヘッド上のギャップの幾何学的パターンを、そのテープ上の同様の磁化パターンに変換する。それらパルスの適当なタイミングが所望のパターン・シーケンスを発生する。

【0014】本発明によれば、記憶媒体上の書き込まれるデータ・トラックに比べて狭いサーボ読取りヘッドを使用することは擬似位置信号によるトラックング・エラーを最小にする。サーボ読取りヘッド或いは記憶媒体上のサーボ・パターンの障害及び磨耗は、サーボ読取りヘッドが狭い場合わずかな位置エラーしか生じさせない。同様に、記憶媒体又はサーボ読取りヘッドにおける塵埃の一時的又は恒久的な集積は、サーボ読取りヘッドがデータ・トラック幅に関して狭い場合、わずかな位置感知エラーしか生じさせない。そのシステムは、データ・トラックからいつも離れている専用のサーボ・トラックと共に使用するのに特に適している。しかし、そのシステムは組込み式のサーボ・システムにおいても使用可能である。

【0015】本発明のもう1つの特徴では、サーボ制御システムは、第1遷移極性を持った磁束遷移を検出し、そして第2遷移極性を持った磁束遷移を無視する。従って、サーボ制御情報パターン・グループは、同じ極性を持った遷移相互間だけ計時される。これは、実際のサーボ制御情報書き込みプロセスにおけるサーボ書き込みヘッドの製造における非対称性、磁気テープの性質、及び読取りヘッド自体のために生じ得る逆極性の遷移に関する計時のシフトを回避する。望ましい場合には、信号対ノイズの比は、逆極性遷移の冗長な第2セットを使用することによって更に改良可能である。

【0016】

【実施例】図1は、本発明に従って構成されたタイミング・ベースのサーボ・テープ・システム10を示す。そのシステムはテープ・ドライブ12を含み、そのテープ・ドライブはテープ・データ・カートリッジ14を収納し、データ・ケーブル18によってホスト・プロセッサ16に接続される。テープ・カートリッジ14は、磁気テープ20のループを有するハウジング19を含む。そのシステムは、磁束遷移の反復するサーボ・パターンより成るサーボ制御情報を使用するように構成される。その磁束遷移は、データ・カートリッジにおける磁気テープ20上のトラックに記録され、磁気サーボ読取りヘッドが移動方向にトラックの幅を横切って動かされる時、サーボ制御情報を読取ることにより発生されるサーボ位置情報信号が連続的に変化し、それによって、そのトラック内のヘッドの相対的位置を表すようにトラックの幅を横切って延びている。テープ・ドライブ12はサーボ制御情報を読取り、関連のデータ読取りヘッドの位置を制御するように位置信号を発生することができ、或いは、磁気サーボ書き込みヘッドを使用してデータ・カートリッジ上の磁気テープのトラックにサーボ制御情報を書き込むことができ、或いは、その両方を行うことができる。そのシステムは磁気テープ環境に対して最適化されているので、磨耗及び塵埃による位置信号エラーの大きさが減少してもそのようなエラーを検出し易くなっている。

【0017】テープ・ドライブ12は、カートリッジ14が挿入されるスロット22を有する。ホスト・プロセッサ16は、例えば、IBM社の「PS/2」パーソナル・コンピュータのようなパーソナル・コンピュータを含むものでよく、又は、同社の「RS6000」ワークステーションのようなワークステーション、或いは、同社の「AS400」コンピュータのようなミニ・コンピュータでもよい。テープ・ドライブ12は、そのようなホスト・コンピュータと接続可能であり、例えば、IBM社の「3480」及び「3490」テープ駆動装置のようなカートリッジを使用するテープ・ライブラリ・システムであるのが望ましい。テープ・カートリッジ14は、例えば、通常の8mm、4mm、1/4インチ、及び1/2インチ用データ・カートリッジ・フォーマットを含む種々のカートリッジ・フォーマットのうちの任意のフォーマットをとることができる。

【0018】図2は、テープ・ドライブ12のヘッド・アセンブリ24を通過するカートリッジ14（図1）の磁気テープ20の一部分を上から見た図である。テープは、それがヘッド・アセンブリの下を通過している部分を破線で示される。ヘッド・アセンブリは実線で示され、テープのサーボ・トラック27に記録されたサーボ・パターンを検出する比較的狭いサーボ読取りヘッド26を有する。更に、相対的な大きさを表すために、そのヘッド・アセンブリのデータ読取りヘッド28が示さ

れ、そのヘッドは、データ・トラックに記録されたデータを読み取るために、複数のデータ・トラックを含むテープのデータ・トラック領域29上に位置づけられる。図2は、説明を簡単にするために、1つのサーボ読取りヘッド及び1つのデータ読取りヘッドを示す。当業者には明らかなように、殆どのテープ・システムは複数のサーボ・トラック、複数のサーボ読取りヘッド、及び複数のデータ読取り及び書き込みヘッドを持っている。

【0019】図2には、テープ20の長さ方向に沿って延びるサーボ・トラック中心線30が示される。図2は、サーボ読取りヘッドが比較的狭く、サーボ・トラック27の幅よりもかなり小さい幅を有することを示している。更に詳しく云えば、好適な実施例では、サーボ読取りヘッドは、一般には単一のサーボ・トラックよりもずっと狭い単一のデータ・トラックの（図示されていない）幅の半分よりも小さい幅を有する。

【0020】図2において、サーボ読取りヘッド26がサーボ・パターンを読み取ることができるテープ及びヘッドの変換方向の相対的移動は、テープ20がトラック中心線30の長さ方向に沿って、ヘッドに関して真っ直ぐに移動する時に生じる。そのような移動が生じる時、磁束遷移のサーボ・パターンはサーボ読取りヘッド26によって検出され、そのヘッドはサーボ信号線34を介して信号デコーダ36に供給されるアナログ・サーボ読取りヘッド信号を発生する。信号デコーダ36はサーボ読取りヘッド信号を処理し、位置信号線38を介してサーボ・コントローラ40に供給される位置信号を発生する。そのサーボ・コントローラはサーボ機構制御信号を発生し、制御線42を介してヘッド・アセンブリ24にそれを供給する。ヘッド・アセンブリのサーボ機構はサーボ・コントローラ40からの制御信号に応答してヘッド26を、移動方向にサーボ・トラック30の幅を横切って横へ移動させる。サーボ・コントローラ40は信号デコーダ36からの位置信号をモニタし、所望の位置に到達するに必要な制御信号を発生する。その制御信号は、ヘッドが所望の目的位置に達した時の信号に等しい。

【0021】図3は、本発明に従って構成された複数サーボ・トラック、複数ヘッド・システムを示す。そのシステムは、次のような例外を持った図2に示されたシステムと同じである。図3のヘッド・アセンブリ24'は、テープ・データ領域29'のデータ・トラックにおいて、それぞれデータを読み取り及び書き込むためのデータ読取りヘッド28a及びデータ書き込みヘッド28bを含む。図3に示された磁気テープ20'は、第1サーボ・トラック27に加えて第2サーボ・トラック27'を含み、それらサーボ・トラックはデータ領域29'の両側に配置される。第2サーボ・トラックの中心線30'も示される。図3は、ヘッド・アセンブリ24'が第2サーボ・トラック27'に記録されたサーボ情報を読み取る

ための第2サーボ読取りヘッド26'を含むことを示している。ヘッド・アセンブリ24'が2つのサーボ信号（各サーボ読取りヘッドに対して1つ）を発生することに留意すべきである。そのヘッド・アセンブリは、第1サーボ読取りヘッド26から信号線34を介して対応する信号1デコーダ36にサーボ信号を与え、第2サーボ読取りヘッド26'から信号線34'を介して対応する信号2デコーダ36'にサーボ信号を与える。これらデコーダはそれらの位置信号をサーボ・コントローラ40に供給する。殆どのテープ・システムが複数のデータ読取り及び書き込みヘッドを含むこと及び、説明の便宜上、図3には1つの対しか示されていないことに留意すべきである。

【0022】前述のように、本発明によるサーボ・パターンは、サーボ読取りヘッドが各サーボ・トラックの幅を横切って移動する時、そのパターンを読み取ることによって発生されるサーボ読取りヘッド信号が連続的に変化するようにサーボ・トラックの幅を横切って延びる磁束遷移より成る。図4、図5、及び図6は、本発明によるサーボ・パターンの種々の実施例である。当業者には明らかなように、黒の垂直なバンド（以下、ストライプと呼ぶ）はサーボ・トラックの幅を横切って延びる記録された磁束の磁化領域を表し、それらストライプのエッジはサーボ読取りヘッド信号を発生するために検出される磁束遷移より成る。それら遷移は2つの磁極（ストライプの各エッジに1つ）を有する。サーボ読取りヘッドが1つの遷移を横切る時、それはその遷移の磁極によって決定される極を持ったパルスを発生する。例えば、サーボ・ヘッドは（ストライプに遭遇する時）各ストライプのリーディング・エッジ、即ち、前端において正のパルスを発生し、（ストライプを離れる時）トレーリング・エッジ、即ち、後端において負のパルスを発生する。各サーボ・パターンは、トラックの幅を横切る少なくとも2つの向き（第1の向きは第2の向きに平行ではない）を有する異なるストライプの反復シーケンスより成る。

【0023】例えば、図4では、サーボ・パターン44は、トラックの変換方向に対してほぼ垂直にトラックの幅を横切って延びる第1ストライプ46及び読取りヘッドに関して方位角傾斜を持った第2ストライプ48の交互シーケンスより成る。即ち、第2ストライプは、長さ方向に延びるのトラック中心線49に関して傾いている。図5に示されたパターン50は、トラック中心線に対して垂直な向きの真っ直ぐな第1ストライプ52及び2つの脚部（各々がトラック中心線55に関して他方から対称的に方位角傾斜を有する）を持ったシェブロン（chevron）型の第2ストライプ54の交互シーケンスより成る。即ち、パターン50は、相互に倒影である2つのトラック（各トラックはそれぞれシェブロンの方の脚部54a及び他方の脚部54bを含む）から形成されるものとして特徴付け可能なバンドより成る。図6の

パターン56は、トラック中心線62に関して対称的な菱形パターンを形成するように背面を対向させて配置されたシェブロン型の第1ストライプ58及び第2ストライプ60より成る。このパターン56も、バンドの中心線に関して倒影となる2つのサーボ・トラックより成るサーボ・バンドとして特徴付け可能であることは明らかである。

【0024】図4乃至図6に示されたサーボ・パターン44、50、56の各1つによって、テープがヘッドに関して直線的に変換方向移動する時にテープ20に関して位置づけられる磁気サーボ読取りヘッドは、ヘッドが移動方向にトラックの幅を横切って移動する時にピーク間タイミングが変化するピークを持ったアナログ・サーボ読取りヘッド信号を発生する。更に十分に後述するように、タイミングの変動は、サーボ・トラック内の磁気サーボ読取りヘッドの相対的位置を決定するために使用される。

【0025】図4乃至図6に示されたサーボ・パターン44、50、56は、それぞれAインターバル及びBインターバルと呼ばれる第1インターバル及び第2インターバルを定義する第1ストライプ及び第2ストライプを含み、それらはテープ速度に関係なく位置信号を発生するために使用される。位置信号は、それらインターバルを計時しそしてそれらの比を計算することによって発生される。これらのパターンに対して、Aインターバルは、或タイプのストライプから他のタイプの次のストライプにテープ変換方向に沿ったインターバルとして定義され、一方、Bインターバルは、同じタイプの2つのストライプ相互間のテープ変換方向に沿ったインターバルとして定義される。ストライプからストライプへのタイ

ミング・インターバルは、サーボ読取りヘッドがトラックの幅を横切って移動方向に移動する時に変わることは明らかである。又、Aインターバルだけが変わり、Bインターバルは位置に関係なく一定であることを留意すべきである。

【0026】従って、図4において、第1のAインターバル(A1と呼ぶことにする)は第1の垂直ストライプから方位角傾斜を持った第1のストライプまで延び、第1のBインターバル(B1と呼ぶことにする)は第1の垂直ストライプから次の垂直ストライプまで達している。その後のサーボ・パターン・インターバルA2、A3、・・・及びB2、B3、・・・は同様に形成可能である。図5では、第1のAインターバルA1は第1の垂直ストライプから第1のシェブロン型ストライプまで延び、一方、第1のBインターバルB1は第1の垂直ストライプから第2の垂直ストライプまで達する。第2のAインターバルA2は第2の垂直ストライプから第2のシェブロン型ストライプまで達する。第2のBインターバルB2は、第2の垂直ストライプから第3の垂直ストライプまで達する。図6では、第1のAインターバルA1は第1の垂直ストライプから第1のシェブロン型ストライプまで延び、第1のBインターバルB1は第1の垂直ストライプから第2の垂直ストライプまで達する。第2のAインターバルA2は第2の垂直ストライプから第2のシェブロン型ストライプまで達する。第2のBインターバルB2は、第2の垂直ストライプから第3の垂直ストライプまで達する。図6では、第1のAインターバルA1は第1の垂直ストライプから第1のシェブロン型ストライプまで延び、第1のBインターバルB1は第1の垂直ストライプから第2の垂直ストライプまで達する。第2のAインターバルA2は第2の垂直ストライプから第2のシェブロン型ストライプまで達する。第2のBインターバルB2は、第2の垂直ストライプから第3の垂直ストライプまで達する。

は第1の菱形の左側より成る第1のシェブロンから第1の菱形の右側より成る次のシェブロンまで延び、一方、第1のBインターバルB1は第1の菱形の左側から第2の菱形の左側まで達する。第2のAインターバルA2は第2の菱形の左側から第2の菱形の右側まで達する。第2のBインターバルB2は第2の菱形の左側から第3の菱形の左側まで達する。最後のストライプはインターバルを形成するために使用されないことに留意すべきである。

【0027】本発明に従って構成されるサーボ制御システムは、サーボ・パターンの始め及び終わりに関するサーボ読取りヘッドの位置を決定する手段を与える。そのパターン内の位置の決定は、システムが読取られる次のストライプの性質を知ること及びエラー検出及び望ましい場合のエラー訂正を行うことを可能にする。図4に示された第1のサーボ・パターン44によって、例えば、システムは、読取られるべき次のストライプが真っ直ぐな遷移であるか或いは方位角的に傾斜した遷移であるかを知るであろう。好適な実施例では、位置決定は、サーボ・デコーダによって検出されるそのサーボ・パターンにおける周期的同期フィーチャによって行われる。

【0028】図4乃至図6に示されたパターンでは、その同期フィーチャはストライプのグループ相互間のスペーシング・インターバルより成る。スペーシング・インターバルは遷移がないので、1つのグループ内の任意の2つのストライプ相互間の最大インターバルよりも大きいインターバルの間、変換方向においてストライプは生じない。望ましい場合には、サーボ制御パターン・データ以外の情報はスペーシング・インターバルに置くことが可能である。例えば、ストライプ相互間のギャップが少なくとも2つの異なる長さを有する場合、情報をギャップ長のシリアル・コードとして同期フィーチャのスペーシング・インターバルに書込むことが可能である。そのような情報は、データ・ブロック・ロケーション、テープの長手方向位置、或いはそのドライブのオペレーションに有用な他の情報を表すために使用可能である。そのサーボ制御システムは、スペーシング・インターバル後の次の磁束遷移が垂直グループのストライプであることをシステムが知っているのので、位置決定を行うためにスペーシング・インターバルと同期可能である。連続したスペーシング・インターバル相互間のストライプのグループは「サーボ・バースト」と呼ばれる。各サーボ・バーストは、後述のように、エラー検出及び訂正において使用可能な所定数のストライプ及び遷移を含む。1バースト当たりのストライプの数は、適当な同期に対する異なるストライプの各対の後に、同期フィーチャを必要としないように、テープ媒体を効率的に使用しながら十分なサーボ制御同期を行う。

【0029】例えば、図4では、第1のサーボ・パターン・グループは第1の垂直ストライプから第1のシェブロン型ストライプまで延び、第1のBインターバルB1は第1の垂直ストライプから第2の垂直ストライプまで達する。第2のAインターバルA2は第2の垂直ストライプから第2のシェブロン型ストライプまで達する。第2のBインターバルB2は、第2の垂直ストライプから第3の垂直ストライプまで達する。

ブ68が示される。それら第1及び第2のサーボ・パターングループは、スペーシング・インターバル70より成る同期フィーチャによって分離されている。そのスペーシング・インターバルは、第1の垂直の向きのストライプから第2の方位角向的傾斜の向きのストライプまでのインターバルであるAインターバルよりも大きいインターバルの間テープに沿って変換方向に延びている。同様に、図5はサーボ・パースト74、76の間のスペーシング・インターバル72を示し、図6はサーボ・パースト80、82の間のスタート・ギャップ78を示す。前述のように、サーボ制御パターン・データ以外の情報はこれらのインターバルに書込まれる。

【0030】ヘッド不規則性の可能性及びサーボ読取りヘッド信号の歪みによる制御システムの異常の可能性を減少させるために、本発明によるサーボ制御システムは、同じ極性を持った磁束遷移の間だけA及びBインターバルを計時する。これが行われるのは、例えば、製造時におけるサーボ書込みヘッドにおける不均整、実際のサーボ書込みプロセスにおける変更、及びテープそのものの性質或いは読取りヘッドの性質による他の困難性が反対極性を持った遷移の計時の明らかなシフトを生じさせることがあるためである。同じ極性の遷移相互間の計時は、それら極性の間の相異による計時誤差をなくする。例えば、ストライプの前端を横切って移動する読取りヘッドによって発生されるような遷移パルスだけが使用される。ストライプの後端を横切って移動することによって発生される遷移パルスは無視される。

【0031】信号対雑音比は反対極性の第2遷移の冗長なセットを使用することによって更に改良可能である。そのような場合、冗長なサーボ・パターン・デコード・システムが設けられ、両極性の磁束遷移とは無関係に位置信号をデコードする。この詳細な説明のために、次に、一方の極性と関連したデコード・システムを説明する。しかし、反対極性を持った遷移に対しても同様のデコード・システムを設けることができることは勿論である。

【0032】図7は、図2に示された磁気ヘッドが図4に示されたサーボ・パターンを読取る時、その磁気ヘッドによって発生されるアナログ・サーボ読取りヘッド信号84のグラフを示す。図7は、サーボ読取りヘッドが図4の第1ストライプの前端を横切る時に第1のサーボ読取りヘッド信号ピーク86が生じることを示す。サーボ読取りヘッド信号における第1の負のピーク88は、サーボ読取りヘッドが図4における第1ストライプの後端を横切る時に生じる。この第2遷移の極性は無視される。そのサーボ制御システムの残りの説明は、サーボ読取りヘッド信号の正のピークだけを検出することに関連する。

【0033】図8は、サーボ読取りヘッドが追従するパス90を示す図6の菱形パターン及び、その下には、サ

ーボ読取りヘッドが図示のA及びBインターバルでもってサーボ・パターン・ストライプを横切る時にそのサーボ読取りヘッドによって発生される対応したサーボ読取りヘッド信号92示す。前述のように、各連続したAインターバルはA1、A2等と呼ばれ、Bインターバルは同様にB1、B2等として呼ばれる。図8は、横切られた各ストライプに対して正のピークが発生され、パターン・インターバルを形成することを示し、位置信号の発生のためのタイミング・インターバルを決定する場合には下方のピークが無視されることを示す。図8は、サーボ・パターンがほぼ408ミクロンの幅及び434ミクロンの長さであることを表す。

【0034】図9は、サーボ読取りヘッドが追従するパス96の表示と共に代替の組重ねられた又はインターリーブした菱形パターン94を示し、その下には、ヘッドがサーボ・パターン・バンドを横切る時に発生されるヘッド出力信号97の表示及びA及びBインターバルを示す。そのインターリーブした菱形パターンは、シェプロン型遷移のバンドによって形成された5つのインターリーブした菱形、それに続く4つのインターリーブした菱形のシーケンスより成る。このシーケンスが繰り返されてサーボ・パターンを形成する。

【0035】図9に示された5つの菱形及び4つの菱形のグループは比較的短いスペーシング・インターバル99によって分離される。それらスペーシング・インターバルは、それらの最も狭いポイントにおいても、1つのインターリーブしたグループにおける何れの2つの同じストライプ相互間の最大間隔及び何れの2つの菱形グループ相互間の最大間隔よりも広い。遷移を持たないもう1つのタイプのパターン・ギャップが、図9のパターンにおいて、菱形のグループ内にあることは明らかである。これらの内部ギャップ98は、それらが4つの菱形及び5つの菱形というシーケンスの間又は5つの菱形及び4つの菱形というシーケンスの間で生じるので、デコードの制御回路によって容易に判別可能である。対照的に、スペーシング・インターバル99は、それらが、2つの4ストライプ・グループの後又は2つの5ストライプ・グループの後のような、等しい数のストライプを持った2つのストライプ・シーケンスの後にだけ生じるので認識可能である。

【0036】好適な実施例のサーボ・パターンが図9によって与えられる。その大きさは次のようである。変換方向におけるストライプ幅は、2.5ミクロンである。グループ内のストライプの周期は5ミクロンである。変換方向に対して垂直なサーボ・パターンの幅は408ミクロンであり、幅204ミクロンの2つの対照的な半分に分けられる。それらストライプは、変換方向に対して垂直な線に関して7.4°の角度で傾けられる。次のような寸法では、すべての長さが1つのストライプの前端から他のストライプの前端まで測定される。即ち、菱形

相互間のスペーシング・インターバル99は15ミクロンである。4つの菱形グループにおける内部ギャップ98は15ミクロンであり、5つの菱形のグループにおける内部ギャップ98'は10ミクロンである。

【0037】図9は、Aインターバルが1つの菱形の左側におけるストライプからその菱形の右側における対応するストライプまで達しているものとして定義されることを示す。例えば、第1のAインターバルA1は、第1の菱形の左側における第1のストライプから第1の菱形の右側における第1のストライプまで達する。対応するBインターバルは菱形の左側におけるストライプから次の菱形の左側における対応するストライプまで達する。

【0038】図9に示されたパターン94は、トラック長を最大に利用して位置信号を発生する。そのパターンは、221ミクロン毎に繰り返す、従って、サンプリング周期は、他の図示したサーボ・パターンの長いサンプリング周期と同じ221ミクロンの長さである。図9のサーボ・パターンの各インターリーブした菱形は所定の数のストライプを含むので、同期フィーチャのスペーシング・インターバルは、サーボ読取りヘッドが通過したストライプの数をカウントすることによって検出可能である。5つの菱形が後続する4つの菱形のグループにそのパターンをグループ分けすることは、デコーダがトラックに関するヘッドの変換方向におけるロケーションを決定することを可能にする。更に詳しく云えば、デコーダは、それがそれぞれ5つのストライプから成る2つのバーストを受けた後、次に、それぞれ4つのストライプから成る2つのバーストを受け、その後も、それぞれ5つのストライプから成る更に2つのバーストを受ける等々が期待されるので、たとえそれがストライプを見つけ損なっても、それ自身を同期させることができる。これは、有利に、比較的簡単なエラー検出及び訂正方法を実施することを可能にする。

【0039】図9に示されたパターン94の大きさは、3つのサーボ要件を平衡させる好適な設計を表す。そのパターン幅（図9では、408ミクロンとして示される）はサーボ読取りヘッド信号の範囲を決定する。この範囲は、いくつかのデータ・トラック（図示されていない）の幅であってもよい。この実施例では、サーボ・パターンの幅は、ほぼ8つのデータ・トラックの幅に等しいので、1つのサーボ読取り素子を使用して8つの異なるデータ・トラック上に所与のデータ読取りヘッドを位置づけることができる。

【0040】サーボ読取りヘッド信号のサンプル率は、サーボ・パターンの長さ及びテープ速度によって決定される。好適な実施例では、サーボ・パターンは221ミクロンの長さである。それは、そのスペースにおける2つのデータ・ポイント、即ち、インターバルB4の終わりにおけるデータ・ポイント及びインターバルB8の終わりにおけるデータ・ポイントを生じる。ほぼ2.0m

／秒という代表的なテープ速度では、これは、毎秒18,100サンプルというサンプル率を生じる。サンプル率の要件は、トラック・フォローイング・サーボ・ループのコンポーネントの残りによって決定される。サンプル率が低すぎる場合、そのシステムの十分な制御ループ安定のための十分な位相余裕を維持するために、ループのダイナミック・レスポンスは緩和されなければならない。

【0041】位置信号ノイズは3つの要素、即ち、遷移インターバル回数の測定におけるノイズ、1サンプル当たりの遷移インターバル回数、及び遷移インターバル時間を位置信号に変換するスケーリング係数によって決定される。遷移インターバル回数の測定におけるノイズは、媒体ノイズ及び電子的ノイズのような要素によって決定され、パターンの寸法とは全く無関係である。そのノイズは、この説明では一定であると考えられる。測定される遷移の数は、平均化のために位置信号ノイズに影響を与える。図9のパターン94では、4つのAインターバル及びBインターバルがサンプル毎に測定される。デコーダでは、これら4つの測定は、そのサンプルに対する位置信号を発生するために平均化される。そのパターンにおいて更なるストライプ、従って、更なる遷移を含むことは、その平均化を増大させることによってノイズを小さくするであろうが、サンプル率を下げる長いパターンも必要とするであろう。遷移インターバル時間を位置信号に変換するスケーリング係数はストライプの傾斜によって与えられる。

【0042】ストライプ遷移がサーボ・トラックの中心線に対して垂直とならずに更に方位角的に傾けられる時、遷移相互間の計時はサーボヘッド位置によって更に変わるであろう。これらの大きな計時差は位置信号におけるノイズを少なくする。しかし、傾斜を増加させることはサーボ・パターンを更に長くし、サンプル率を下げる。増加した傾斜は、遷移回数の測定におけるノイズに影響する方位角のために、サーボ読取りヘッドからの信号の強度を減少させることに留意すべきである。これら要素のすべては、所与のアプリケーションに対する最適なサーボ・パターンを決定する時に考慮されなければならない。しかし、図9に示されたパターン94は、パターン・レイアウト及び寸法を調節することによって、当業者により容易に処理可能である。

【0043】図10、図11、及び図12は、図2に示された信号デコーダ36のブロック図を示す。更に後述するように、デコーダは、エラー検出及び訂正回路を含むことが望ましい。当業者には明らかなように、これら2つの機能は同じ回路内に設けられるか、或いは別の回路モジュールによって与えられる。図10は、デコーダ36がサーボ読取りヘッドから線34を介して、図7に示されるようなアナログ・サーボ読取りヘッド信号を受け、そしてピーク検出器102を使用してその信号をパ

ルス化論理信号に変換することを示す。好適な実施例では、ピーク検出器からの出力信号は、正に向かう遷移（前端）において高くなり、負に向かう遷移において低くなるので、デコーダが2つの極性の間を区別することを可能にする。

【0044】前述のように、位置信号はデジタル信号デコーダ36（図2）によってデコードされる。そのデコーダの機能は、A及びB時間インターバルを測定すること、及びその信号をそのサーボ制御システムの残り部分にとって利用可能にするために必要な計算を行うことである。更に、エラー検出及び訂正はそのデコーダ内で適用可能である。当業者には明かなように、デコーダの設計及びオペレーションは使用される特定のサーボ・トラック・パターンに適合するようにされなければならないので、種々のハードウェア及びソフトウェア方法を通してその機能を達成するための多くの方法がある。説明の便宜上、図4に示されたタイプの簡単なパターンを使用するためのデコーダ及びエラー訂正回路が図10及び図11に示される。

【0045】図7は、図4に示されたパターンを読取った結果としてサーボ読取りヘッドから取り出されたアナログ信号を示す。図10に示されるように、このアナログ信号は、ピーク検出器102によってデジタル信号に変換される。そのピーク検出器102の出力は、正ピークの検出の際に論理「低レベル」から論理「高レベル」に切り替わり、負ピークの検出の際には論理「高レベル」から論理「低レベル」に切り替わる。デコーダはすべてのインターバルの計時を、前述のような磁気遷移の単一の極性に対応する唯一の極性のピークからトリガするように設計される。

【0046】そのデコーダでは、多くのカウンタが同期及びインターバル計時の目的で、タイマとして働く。スタート・カウンタ104は、1つのバースト内で許される最大のものよりも長い遷移なしのインターバルによってスタート・ギャップ70（図4参照）を検出する。スタート・ギャップが検出される時、同期及び制御回路111は新しいバーストをデコードし始めるようにリセットされる。サーボ・パターンにおける各ピークが遭遇する時、適当なカウンタがインエーブルされ、適当なA及びBインターバルを計時するためにリセットされる。単一の「X」カウンタ106は各Aインターバルを計時する。連続したBインターバルは隣接しており、カウンタの合計を出力するために及びBインターバルを計時する場合に2つの「Y」カウンタ、即ち、Y1カウンタ108及びY2カウンタ110を交互にリセットするために一定の時間が必要である。所望の位置信号はA及びBに比率であり、それは、この例では、以下のように計算される。完全デジタルの部分は拡張回路を必要とするため、B値の期待された範囲が小さい時（テープ速度が制限範囲を越えて変化すると仮定して）、ROMルックア

ップ・テーブルと組み合わせて乗算器を使用することが有利である。B値（2つのYカウンタのうちの1つ出力）はY1/Y2カウンタ・セクタ112によって選択され、乗算器114においてAを乗ぜられる出力を持つROMテーブル116によって1/B値に変換される。従って、生の位置信号118はA及びB値の各対の完了時の値A/B（各バーストでは8倍）より成る。

【0047】図11は、図10に示されたデコーダに付随する実用的なエラー検出及び訂正回路のブロック図を示す。図示の回路は、各バーストに関するエラー・チェックを行い、各バーストに対して1つの位置信号値を出力する。エラーが見つからなかった場合、バースト出力はそのバースト内で見つかった8つの個々のA/B値の平均値である。エラーが検出される場合、現在の誤りのバースト出力値を最も新しいエラーのない値でもって置換するための簡単な方法が使用される。これらの機能は次のようにして達成される。

【0048】遷移カウンタ120が各バーストにおいて生じた遷移の数をカウントする。殆どのエラーが余分な遷移の偶然の検出に関連し、或いはノイズ、ドロップアウト、塵埃、又は他の原因のために、適当遷移を検出できないことが実験的にわかった。そのようなエラーが生じた時、遷移カウンタ120は正しい数（この例では、18）以外の1バースト当たりの遷移の数をカウントし、エラー信号を出力するであろう。教示のバースト内で発生された8個のA/B値の連続値を比較することによって、更なるエラー検出が達成される。偏差アキュムレータ124が8個のA/B値のうちの4個を合計し、残りの4個を減算して、それら8個の値の不等の程度を表す偏差結果を与える。この偏差値が或プリセット境界を越える場合、偏差限界検出器126がエラー信号を発生する。これらのエラー信号は、エラー・ゲート/制御ロジック121によって処理される。エラーが検出されない時、そのロジックは、バースト平均アキュムレータ128からの良好なバースト・データの可用性を表すようにパルスするバースト・データ・レディ信号を線122上に発生する。エラーが検出されない場合、その新しいバースト平均データは拒否され、最も新しいエラーのない値でもって置換される。これは、アキュムレータ128からの最後の良好なバースト平均値をデータ・セクタ132へ供給させるラッチ130によって達成される。バースト・エラー線123は、現在の出力値が新しいエラーのない値又は前の保持された値であるかどうかを表す。

【0049】そのサーボ制御システムは、バースト・エラー線123及びバースト・データ・レディ線122を利用して、位置信号の整合性が完全なサーボ制御オペレーションに対して十分であるかどうかを決定する。例えば、システムは、或数の連続したエラーが検出された後、又は新しいエラー・フリーのデータなしで所定の時

間インターバルを越えた後の位置データを拒否することができる。そのようなエラー状態が生じた時、システムは他の冗長サーボ・トラックからの位置信号データを受け付けるよう選択可能である。或いは、サーボ・トラックがエラーのないデータを発生していない場合、新しいデータをトラックから外れて書き込むこと及び隣接トラック上の所望のデータを間違えて消去することを回避するように、システムはデータの書き込みを防ぐことができる。そのような構成が図12に示される。

【0050】図11に示された回路は、エラーが検出された時にいつも最も新しいエラーのない値を代用するだけでエラー訂正を達成することができる。当業者には明らかなように、算定された現在の値の置換のような他のアルゴリズムがサーボ制御システムに対して或利点を与える。

【0051】図12は、バースト・データ信号を有効であると見なすべきか、或いは無効であると見なすべきかを決定する弁別回路140のブロック図を示す。タイムアウト・タイマ142及び連続エラー・カウンタ144は線122を介してバースト・データ・レディ信号を受け取る。バースト・エラー決定は、図11に示されたようなエラー・ゲート/制御ロジックから受け取られる。タイムアウト・タイマ142が所定の時間インターバルの間にエラーのないサーボ・バースト信号を受けなかった場合、そのタイムアウト・タイマはエラー信号をエラー・ゲート146に供給する。連続エラー・カウンタ144がエラーを持った所定数のエラー・バーストをカウントする場合、それはエラー・ゲート146にエラー表示を与える。タイムアウト・カウンタも連続エラー・カウンタもエラー・ゲートにエラーを表示しなかった場合、デコードされた信号は有効であると見なされる。そこで、ラッチ148は、有効出力を表す高レベルにデータ有効信号150をセットする。

【0052】図10乃至図12に関連して説明したデコーダは、タイミング・ベースのパターン・デコーディングとエラー検出及び訂正とを示す比較的簡単なケースである。本発明の好適な実施例は、図9に示されたインターリーブしたパターンを使用する。それは、幅広いサーボ・トラック幅、高い信号対雑音比、高いサンプリング率、及び良好なエラー検出機能の結合に対して最適化されている。

【0053】本発明に従って構成された信号デコーダの好適な実施例は図13乃至図16においてブロック図形式で示される。図17は、図9からのサーボ・パターンの一部分を介してサーボ読取りヘッドのバスを、サーボ読取りヘッドが受けたその結果のアナログ信号及び計時されるべきA及びBインターバルと共に示す。そのパターンは、4つ及び5つのインターリーブした菱形の交互のバーストより成り、それらバーストは最も狭いポイントでもバースト内で遭遇した如何なるギャップの長さも

越えるスタート・ギャップによって分離されている。認識可能なギャップによって分離された4つ及び5つのストライプの交互のグループにすることの組合せは、デコーダに周期的同期情報を与える。

【0054】計時されるべきインターバルがインターリーブされ且つBインターバルの場合にはそれが連続的であるため、デコーダは、「1」又は「2」の添字のよって示された2つのサブデコーダに分けられる。それらサブデコーダは、位置信号情報を発生する場合に交互にされ、それぞれが1つおきの位置信号値を出力する。これらサブデコーダの各々は、図17に示される4つのAインターバル及び4つのBインターバルを計時する。図17においてCLR1、CLR2、OUT1、及びOUT2として示されたタイミング・ポイントは、各サブデコーダがクリアされる時の時間ポイント及びそれぞれが位置信号値を発生する時の時間ポイントを表す。インターバル計時回路及びエラー検出回路を含むそれらサブデコーダの主要な回路が図13乃至図16に示される。図示の回路はエラー検出を含むが、エラー訂正を含まない。これは、前述の原理と同様の原理を使用して、サーボ・コントローラによって処理されるものと仮定する。同様に、商A/Bは、このデコーダでは計算されず、サーボ・コントローラがこの機能を遂行する。そのような回路の詳細は、この説明と関連して、当業者により容易に決定可能である。

【0055】インターリーブしたA及びBインターバルは個々の専用カウンタでもって計時可能であるけれども、同じ機能が各サブデコーダにおける単一のアキュムレータによって遂行可能である。例えば、第1のサブデコーダにおけるA値の計時は次のように達成される。即ち、X1が、先ず、(CLR1によって)ゼロ値にクリアされる。遷移カウンタTC1はそのサーボ・パターンにおけるヘッド・ロケーション(如何に多くのストライプを横切ったかによって決定される)を追跡する。そのパターンにおけるそのロケーションがAインターバルの外にある時、X1インクレメントROMはX1アキュムレータにゼロの値を発生し、その値をゼロに保持する。他の時間ポイントで、遷移カウンタTC1及びX1インクレメントROMは、現在計時されているAインターバルの数に等しいインクレメント値をX1アキュムレータに与える。X1アキュムレータは、各クロック・サイクルにおいてその合計にこの数を加える。この方法では、X1アキュムレータは複数並列タイマの役目を果たす。

【0056】インターバルが完了した後、X1アキュムレータが4つのA値(これはそのバースト・グループに対する望ましいA出力である)を含むことに留意すべきである。前述と同様に、Y1アキュムレータは4つのBインターバルを合計する。すべてのAインターバルが等しい長さを持ち且つすべてのBインターバルが等しい長さを持つ場合、偏差アキュムレータD1、即ち、D1ア

キユムレータは、A及びBインターバルの両方を加算及び減算してその合計がゼロになるようにする。これらの等値性が保たれない範囲は、D1アキュムレータにおける和をゼロから偏移させる。DEV MAX及びDEV MINと表された比較器は、エラーを表す所定の境界をその偏移が越えたかどうかを決定する。エラー・チェックは、2つの絶対値比較器1及び2によって達成される遷移カウンティングも含む。予測された遷移の合計数が各サブデコーダに対して異なる(13又は14)ため、それぞれに対して別個のカウント及び絶対値チェック装置が設けられる。サブデコーダが現在使用中の選択は選択(SELECT)信号によって決定される。この信号及び図13に示された他の信号については、図14乃至図16に関連して説明する。

【0057】図13に示されたデータ良好(DATA GOOD)信号は、データ・レディ(DATA READY)パルス(図16)の時間にXOUT及びYOUTデータ線上に発生される値に対して遷移カウンタTC1、TC2或いは偏差制限回路DEV MAX及びDEV MINによってエラー状態が検出されたかどうかを表す。データ良好線の状態は、エラー訂正の目的で、サーボ・カウンタによって使用される。

【0058】図14は、PK信号及び他の3つの中間信号、即ち、GAP、FOUR、及びFIVE信号の発生を示す。PK信号は、アナログ信号をディジタル・パルスに変換するために磁気ディスク・ドライブ又は磁気テープ・ドライブにおいて一般に使用される通常のピーク検出器160によって発生される。ピーク検出器160は、それが正に向かうピーク時にだけパルスを発生するという点で最も一般的なドライブにおいて使用されるものとはわずかに異なる。磁気ドライブにおいて使用される代表的なピーク検出器は、通常、正に向かうピーク及び負に向かうピークの両方においてパルスを発生する。好適な実施例において使用されるピーク検出器160は当業者にとって周知のものであり、従ってこれ以上説明する必要はないであろう。

【0059】そのピーク検出器の出力は、図13に示された回路に供給され且つダウン・カウンタ162にも供給されるPK信号より成る。そのダウン・カウンタはシステムからのクロック信号163及びギャップ長信号も受ける。そのギャップ長信号は、例えば、図9の菱形におけるストライプ相互間の分離に対応した所定値にユーザによってセット可能である。ギャップ(GAP)信号は、所定のギャップ長を越えた時間インターバルが検出された時、ピーク検出器160からのパルスなしでそのダウン・カウンタによって発生されるパルスより成る。即ち、そのダウン・カウンタは、ギャップ長の時間量の後にはPKパルスが検出されなかった場合、タイム・アウト、即ち、ゼロまでカウント・ダウンする。所与のテープ速度及びサーボ・パターン・ピッチに対して、S適当なM160、P反転Q出力線から発生する。

ギャップ時間の制限が選択される。好適な実施例では、テープ速度は毎秒約2.0メートルであり、パターンは5ミクロン離れた4つのストライプ及び5つのストライプのグループより成り、好適な時間制限は3.75ミリ秒になるように選択される。その結果、発生されるGP信号は、4つのサーボ・パターン・ストライプ及び5つのサーボ・パターン・ストライプの間の各ギャップにおけるパルスより成る。前述のように、スペーシング・インターバル(図9)は、遭遇した菱形ストライプの数の追跡に基づいて内部パターン・ギャップ98から容易に区別可能である。これについては、更に後述することにする。

【0060】PK信号及びGAP信号は、それぞれ、4(FOUR)信号及び5(FIVE)信号を発生するために使用される。FOUR信号は、パターン・ギャップ後に4つのサーボ・パターン・ストライプが検出された時にいつも高レベルになる。FIVE信号は、ギャップ後に5つのサーボ・パターン・ストライプが検出された時にいつも高レベルになる。アップ・カウンタ164はクロック入力においてPK信号を受け、クリア入力においてGAP信号を受ける。そのアップ・カウンタは、3ツ-8ライン・デコーダ166の入力線にそのカウント出力を与える。当業者には周知のように、3ツ-8ライン・デコーダはFOURパルス信号及びFIVEパルス信号を発生する。

【0061】図15は、主制御信号OUT1、OUT2、CLR1、及びCLR2を発生するためにFOUR、FIVE、及びGAP信号がどのように使用されるかを示す。図9に示されたパターンに対して、OUT1及びOUT2信号は各スペーシング・インターバル99において発生され、一方、CLR1及びCLR2信号は内部ギャップ98において発生される。フリップ・フロップのアレーがそれら制御信号を発生するために2つのORゲートに関連して使用される。GAP信号が4つのフリップ・フロップ172、176、178、188のクロック入力に与えられる。反転FIVE信号がフリップ・フロップ172及びORゲート174に与えられる。OUT1信号は、2つのFIVEパルスの後にギャップが検出された時にいつも1つのパルスを生じる。従って、第1のフリップ・フロップ172のQ出力はORゲート174の他方の入力に与えられる。そのORゲートの出力は第3のフリップ・フロップ178のD入力線に与えられ、フリップ・フロップ172の反転Q出力は第4のフリップ・フロップ180のクロック入力として与えられる。第4のフリップ・フロップ180のD入力は接地される。第5のフリップ・フロップ182は第3のフリップ・フロップ178からQ出力信号を受け、システム・クロック信号をそのクロック入力に受ける。第5のフリップ・フロップ182はOUT1信号をその

【0062】CLR1線は、ちょうど1つのFIVE信号パルスの後にGAP信号が検出された時、1つのパルスを発生する。従って、第4のフリップ・フロップ180からのQ出力が第6のフリップ・フロップ184のD入力線で受けられる。又、その第6のフリップ・フロップはそのクロック入力においてシステム・クロックを受ける。第6のフリップ・フロップ184の反転Q出力はCLR2信号を供給する。

【0063】2つのFOUR信号の後にGAP信号が生じた時、OUT2信号線が信号パルスを発生し、一方、ちょうど1つのFOUR信号の後にGAP信号が生じた時、CLR1線が信号パルスを発生する。図15に示されるように、これは、反転FOUR信号をORゲート186の1つの入力に、及び第2のフリップ・フロップ176のD入力にも接続することによって供給可能である。第2フリップ・フロップ176のQ出力はORゲート186の他方の入力線に供給される。そのORゲートの出力は第7のフリップ・フロップ188にD入力として与えられる。その第7のフリップ・フロップへのクロック入力としてGAP信号が供給される。第7のフリップ・フロップ188のQ出力は第8のフリップ・フロップ190にD入力として供給される。その第8のフリップ・フロップはそのクロック入力線においてシステム・クロック信号を受ける。第8のフリップ・フロップ190からの反転Q出力はOUT2信号を発生する。

【0064】CLR1信号は第9のフリップ・フロップ192によって発生される。その第9のフリップ・フロップのD入力は接地され、そのクロック入力は第2のフリップ・フロップ176の反転Q出力から受ける。第9のフリップ・フロップのQ出力は第10のフリップ・フロップ194のD入力に供給される。第10のフリップ・フロップはそのクロック入力線においてシステム・クロックを受ける。第10のフリップ・フロップ194の反転Q出力はCLR1信号より成る。

【0065】図16は、選択(SELECT)信号を発生する方法及びデータ・レディ(DR)信号を発生する方法を示す。OUT1又はOUT2信号パルスが発生する時にはいつもデータは出力される準備ができています。即ち、サーボ・ヘッドは、4つのインターリーブした菱形のグループ又は5つのインターリーブした菱形のグループにおける1つの菱形パターンの終わりにある。SELECT信号は、適当なレジスタ及びデータ・レディ・パルスを発生するために使用される。SELECT信号は、OUT2信号に接続されたJ入力線及びOUT1信号に接続されたK入力線を有するJ-Kフリップ・フロップ196から発生される。J-Kフリップ・フロップ196のクロック入力はシステム・クロック信号に接続される。J-Kフリップ・フロップのQ出力がSELECT信号を発生する。OUT1及びOUT2信号はORゲート198の入力線に接続され、そのORゲートの出

力はデータ・レディ(DR)信号を発生する。

【0066】図9に示されたインターリーブした菱形パターンに関する位置信号の発生は次のような図に関連してより良く理解されるであろう。図13は位置信号の発生を示す論理回路であり、図17はインターリーブした菱形パターン及び出力信号の表示であり、図18は出力信号及びクリア信号の発生示す図である。図13に示されるように、位置信号はXOUT及びYOUTと表された交互の値より成る。前述のように、図13は、XOUT及びYOUT値を交互に発生する「1」サフィックス及び「2」サフィックスにより識別された2つの完全に冗長な信号発生システムがあることを示す。従って、1つのXOUT値はX1エレメントによって発生され、続いてYOUTとがY1エレメントによって発生され、続いて次のXOUT値がX2エレメントから生じ、次のYOUT値がY2エレメントから生じ、次のXOUT値がX1エレメントから生じる。それら値のシーケンスは位置信号より成る。回路動作の説明は、先ず、「1」サフィックスによって表された冗長信号発生システムの最初のものだけを参照する。

【0067】位置信号は、図4乃至図6、図8及び図9と関連して前述した4つのBインターバル値の和でもって除された4つのAインターバル値の和である。図13に示されたアキュムレータX1、X2、Y1、及びY2はA及びBの逆数による除算又は乗算によって遂行可能であり、或いは和を計算し、しかる後、除算動作を行ってXOUT値及びYOUT値を発生する。Aインターバル及びBインターバルは図17において図形的に表される。

【0068】図17は、AインターバルA1、A2、A3、及びA4がその対応するBインターバルB1、B2、B3、及びB4と同様に相互に時間的に重畳する。各A及びBインターバルを計時するために別個カウンタが使用可能であるが、この方法は8つのカウンタを必要とする。前述のように、好適な実施例では、その和は、代わりに対のアキュムレータを持った2つの並列信号発生システムを使用して得られる。図13に示されるように、第1の信号発生システムは2つの対のアキュムレータX1及びY1を含み、一方、第2の信号発生システムは2つのアキュムレータX2及びY2を含む。各アキュムレータは「クリア」及び「インCREMENT」のための入力線を有し、そして各々がクロック入力(図示されていない)も受けることは勿論である。各クロック・サイクル時に、アキュムレータはインCREMENT ROM(INCROM)から得られたインCREMENTの量をデータ出力信号に加える。各アキュムレータは、サーボ・ヘッドが横切るサーボ・パターン対域に従って0、1、2、3、又は4のインCREMENTを加える。それぞれの信号発生システムのクリア線(CLR1又はCLR2)におけるパルスはアキュムレータ出力をゼロにリセットす

る。それらアキュムレータはインCREMENT ROMからそれらのインCREMENT命令、各クロック・サイクル時に加えるべき量を得る。一方、インCREMENT ROMは遷移カウンタTC1及びTC2によってアドレスされる。

【0069】動作においては、CLR1パルスが生じる時、第1遷移カウンタTC1はゼロにリセットされ、その関連のアキュムレータX1、Y1、及びD1もゼロにリセットされる。図17に示されるように、サーボ・ヘッドがCLR1パルス後にサーボ・パターンに沿って移動する時、それは4つのサーボ・パターン・ストライプのグループを横切り、しかる後、5つのサーボ・パターン・ストライプの2つのグループを横切る。遷移カウンタは、如何に多くのサーボ・パターン・ストライプを横切ったかを追跡するためにピーク(PK)パルスをカウントする。CLR1信号を受けた後の第1のPKパルス時に、システムは最初のBインターバルを計時し始める。第2のPKパルス時に、第2のBインターバル計時が始まり、同様に繰り返される。CLR1信号後の第6のPKパルス時に、第1のAインターバル計時が始まる。第7のPKパルス時に、第2のAインターバル計時が始まる。これは、11番目のサーボ・パターン・ストライプを横切ったことを表すCLR1信号後の第11のPKパルス時に、第1のAインターバル計時及び第1のBインターバル計時が終了する。CLR1信号後の第14のPKパルス時に、すべてのA及びBインターバルが終了し、その和は出力される準備ができる。1対の5個のストライプ・グループ後の第14のサーボ・パターン・ストライプはOUT1パルスが生じた時に出力値を発生する(図15)。

【0070】アキュムレータは、インCREMENT ROMにおけるインCREMENT・データを使用して、必要に応じてインターバルを自動的に加える。図18はそれぞれのインCREMENT ROMに記憶されたインCREMENT・データを示す。図18において、アドレス欄は、関連のCLR1又はCLR2信号の後のどのサーボ・パターン・ストライプを横切ったかを表す遷移カウンタ出力値である。欄X1、X2、・・・、D2は、各クロック・サイクルに対して、図13の各アキュムレータにどのようなインCREMENT値が加えられるかを示す。アドレスは対応するクリア信号に続いてPKパルスの数を参照することに留意すべきである。従って、X1欄のインCREMENT値はCLR1信号の後で受けたPKパルスの数に従ってインデックスされ、一方、X2欄におけるインCREMENT値はCLR2信号の後のPKパルスに従ってインデックスされる。

【0071】次に、X1アキュムレータの動作を更に詳しく説明する。他方のアキュムレータも同様に動作させるであろう。図17から、CLR1信号後に横切られた第6のサーボ・パターン・ストライプが5つのストライ

プの菱形に対する第1のAインターバルの計時をスタートすることは明らかである。これは、サーボ・パターン・ストライプ、ヘッド出力アナログ信号、及びAインターバルの第2グループを調べることによってわかる。従って、PKパルスをカウントすることから生じた遷移カウンタTC1の出力値は6に等しく、対応するインCREMENT ROMアドレスは6に等しい。図18から、X1アキュムレータのインCREMENTの量は1である。

【0072】CLR1信号に続く第7のPKパルス時に、第1のAインターバルは計時され続け、一方第2のAインターバル計時が始まる。従って、第7のサーボ・パターン・ストライプを横切ったことを表す第7のPKパルスの後、ROMアドレスは7であり、アキュムレータX1は各クロック・サイクル時に2をインCREMENTすることは図18から明らかである。同様に、第8のサーボ・パターン・ストライプを横切った後、3つのAインターバルA1、A2、及びA3が同時に計時され、従って、アキュムレータは各クロック・サイクルにおいて3だけインCREMENTされる。第9のサーボ・パターン・ストライプにおいて、アキュムレータは4だけインCREMENTされる。第11のサーボ・パターン・ストライプにおいて、第1のAインターバルA1は終了し、従って、3つのインターバルだけが計時され続ける。従って、X1アキュムレータに対するインCREMENTは、ROMアドレス11に対する図18のテーブル・エントリに示されるように3に減ぜられる。第14のサーボ・パターン・ストライプの後、すべてのAインターバルが終了し、従って、アキュムレータのインCREMENTはゼロに変わる。即ち、アキュムレータは既に4つのAインターバルの和を含み、出力値はOUT1パルスが生じた後に発生される準備ができています。同様に、Y1アキュムレータはBインターバルを計時しつつあり、出力される準備のできています。データを有する。

【0073】第2の信号発生システムのアキュムレータX2及びY2のセットが同様に動作し、CLR2信号からスタートしてOUT2パルス(図15)に対する時間に終了する。従って、CLR2信号の後に横切られた第6のサーボ・パターン・ストライプは4つの菱形のグループにおける第1のサーボ・パターン・ストライプに対応する。従って、第2の信号発生グループに対するA1インターバルが始まり、X2アキュムレータは1だけインCREMENTしなければならない。これは、図18のテーブルにおいてX2欄のROMアドレス6に対する対応した値によって示される。毎秒約2.0メートルのテープ速度において、2セットのアキュムレータの組合せは、新しい位置信号データを約8KHzの割合で供給する。

【0074】図13は、アキュムレータの出力がそれぞれのセレクト、即ち、X選択、Y選択、及びD選択を通して経路指定されて、2つの信号発生システムのうちの

どちらが出力されるべき現在の出力値を持っているかを、それが選択することを示す。その選択は、図16に関連して上述したように、選択データ信号によって管理される。OUT1パルスの後、第2の信号発生システムからアキュムレータのセットがアクティブになり、そしてOUT2パルスの後、第2の信号発生システムからアキュムレータのセットがアクティブになる。従って、図17に示されたインターリーブした菱形サーボ・パターンに対して、アキュムレータX1、Y1、D1の第1セットは、2つの4ストライプ・グループの後に生じるOUT2パルス後にアクティブになり、アキュムレータX2、Y2、D2の第2セットは、2つの5ストライプ・グループの後に生じるOUT1パルス後にアクティブになる。

【0075】図14に示された好適な実施例では、欠落した遷移又は余分な遷移を検出するために、及び誤ってわずかにシフトした位置において読み取られたサーボ・パターン・ストライプを検出するために、エラー・チェックが行われる。エラー検出の後に遂行可能なエラー訂正の詳細は図14に示されていないが、図10乃至図12に関する上記の説明からみて、当業者には、そのような回路を容易に構成することができるであろう。図13において、欠落した又は余分なストライプは、各PKパルス毎にカウントする遷移カウンタTC1及びTC2によって検出される。出力信号パルスOUT1又はOUT2が生じる時、正しい遷移数(図示のように13又は14)が検出されているかどうかを知るために、絶対値比較器がチェックする。例えば、第1セットのアキュムレータの場合、遷移の所定数は14であり、一方、第2セットのアキュムレータに対しては、所定数は13である。その所定数以外の数が検出された場合、選択ブロックによって発生されたデータ良好(DG)信号は誤りとなるであろう。システム検出器36(図2)はそのDG信号を検出し、それによって、そのデータが誤ったものであり、所定の訂正アクションを取ることを警告される。好適な実施例では、例えば、訂正アクションは、出力信号をその前の値に維持することより成る。

【0076】1つのサーボ・パターン・ストライプからのPKパルスが偶然に時間的にシフトされる場合、Aインターバル及びBインターバルは同じ値を持たないであろう。図13に示されたシステムは、ゼロの結果を与えるべき方法で個々のA及びBインターバルを加算及び減算するD1(偏差)アキュムレータ及びD2アキュムレータを提供する。何れかのサーボ・パターン・ストライプが時間的にシフトされる場合、その結果は非ゼロ、即ち、正又は負となるであろう。最大比較器DEV-MAX及び最小比較器DEV-MINはD1及びD2アキュムレータの出力をチェックし、サーボ・パターン・ストライプのシフトを所定の最小量よりも大きくさせる。その所定の最小量は、そのシステムにおける正規のノイ

ズが受容可能な小さいエラーを生じさせることを可能にするが、エラーを表す所定の最大量よりもシフトを大きくさせない。その差が最大値よりも小さく且つ最小値よりも小さいか又は等しい場合、対応するD1アキュムレータ又はD2アキュムレータの出力は高レベルになり、選択データ信号からの出力と共に、データ良好(DG)信号を発生する。この方法では、偏差チェック回路は、ランダム・ノイズがOUT1又はOUT2信号パルスを発生するに適したパターンを発生する場合、そのランダム・ノイズが有効な出力と見なされないようにもする。

【0077】前述の信号デコーダ及び位置信号回路は、方位角傾斜において移動方向にサーボ情報トラックの幅を横切って連続的に延びる磁束遷移を持ったストライプの反復サーボ・パターンより成るサーボ制御情報を使用する。その信号デコーダはアナログ・サーボ読取りヘッド信号を受け、サーボ・パターンから取り出された2つのインターバルの比の関数である位置信号を発生する。これは、テープ速度に無関係であり、従って、速度変動に無感応なサーボ制御システムを与える。当業者には明らかのように、磁気テープのような磁気記憶媒体において、図4乃至図9に示されたサーボ・パターンを発生するために種々な技法が使用可能である。デコーダによって使用されるサーボ・パターンを生じさせるための種々なシステムを次に開示する。

【0078】図19は、前述のサーボ・パターンを生じさせるための磁気ドラム・システム300を示す。サーボ・パターンが記録されるべき磁気テープ302は、そのテープに向けて外向きに磁束を発生する電磁石308に、テープの反対側で、ドラム306の外周304の曲線部分が隣接するように、その曲線部分の回りに巻かれる。一連の盛り上がったバンドが所望のサーボ・パターンでドラムの外周上に付着される。例えば、図20に示されたそのドラムの外周部分304上に付着されたバンドは、図4に示されたものと同じサーボ・パターンをテープ302上に発生する。サーボ・パターンを発生するためのドラム・システムの実施に関するその他の詳細は当業者には周知であり、本願で開示した発明の一部分を形成するものではない。それについては、例えば、米国特許第3,869,711号を参照して欲しい。

【0079】外部電磁石308が所望のサーボ・パターン磁束遷移バンドを残す磁界を磁気テープ上に発生している間バンドが接触するその磁気テープの長さ部分を、ドラム部分304がシールドすることは当業者には明らかであろう。ドラム・パターン・バンド310は、好ましくは、写真印刷(フォトリソグラフ)技法を使用して付着される。それは、そのような技法が、サーボ・パターンの正確な複製に必要な極めて高い精度を与えるためである。バンドは、非磁性ドラム上にニッケル鉄又はパーマロイ材から構成されるのが望ましい。

【0080】パターンを生じさせるための好適な方法

は、複数ギャップ・サーボ書込みヘッドによるものである。好適な実施例の複数ギャップ・ヘッドは、当業者には知られた写真技法から作られる。図21は、本発明に従って構成された複数ギャップのサーボ書込みヘッド400を示す。図21に示されたヘッドは、パターン化したNiFe磁極片領域404を有するフェライト・リング402から成る。2つのフェライト・ブロック406、408は磁気ヘッドのバルクを形成し、ガラス・スペース411によって分離される。

【0081】そのヘッドを組み立てる場合、まず、フェライト・ブロック406、408及びガラス・スペース411がエポキシ接着剤によって、又はガラス接着技法によって接着される。その結果得られた構造体は、テープ・ベアリング面を構成する所望の前部輪郭を生じるようにラップされる。好適な実施例では、円筒状の前部輪郭面が与えられる。ヘッドが磁気テープと動作関係にある時、内包される空気を除去するためにクロス・スロット412がヘッドに切り込まれる。

【0082】図22に示されるように、導電性シードレイア416が前部輪郭面上に付着される。好適な実施例では、800オングストロームのNiFeが使用された。しかる後、フォトレジスト材が前部表面上に付着され、所望のサーボ・パターン414の形にパターン化される。円筒状表面のパターン化は、当業者には馴染みのある接触露出法又は射影露出法によって遂行可能である。円筒状の輪郭の頂点にあるサーボ・パターンに対しては高い解像度が要求されるため、標準的な平面的露出技法が使用可能である。好適な実施例では、ギャップ領域を形成するフォトレジスト線は2ミクロン幅且つ3ミクロン高である。

【0083】所望のギャップ構造がフォトレジストにおいて形成された後、フォトレジストが除去されていた場所に、Ni₄₆Fe₅₄材料418がシードレイア416上に約2ミクロンの厚さにメッキされる。残りのフォトレジスト材料は除去される。しかる後、抗磨耗性の被覆420が前部輪郭面上にそれを保護するために付着される。好適な実施例では、この被覆は約3000オングストロームの全体厚を持ったNiFeN/FeNの積層構造である。使用可能な代替の被覆材料は、例えば、ダイヤモンドのようなカーボン又は他の抗磨耗性材料である。

【0084】最後に、図21に示されるように、コイル420が巻線スロット422を通してフェライト・ブロック408の1つに巻かれてヘッドを完成する。各ギャップを通る磁束はリソグラフィと同じ面にある。これは、リソグラフィ技法の解像度にギャップ幅を制限するが、その制限内で任意の複雑なギャップ形状を可能にする。従って、図4乃至図9に示されたサーボ・パターンに対して必要な真っ直ぐの斜めギャップは前述の水平ヘッド設計において容易に製作される。当業者には明らか

なように、垂直ヘッドでは、平面処理の制限のために、所望のギャップ構造を作るためには更にずっと複雑なプロセスが必要となるであろう。

【0085】ヘッド400の1つの新規な点は、その設計を簡単にするために磁気飽和現象を使用することである。図23に更に詳しく示された書込みギャップ414は磁気NiFeの連続シート内に含まれる。通常の知識では、殆どすべての磁束が高磁気抵抗のギャップを通るよりも低磁気抵抗のNiFeを通して流れるため、ヘッドが付勢される時、これらのギャップにおける磁界は非常に小さくなければならないと云われている。それらギャップはNiFeのシートによって分路されるように見える。しかし、更に大きな電流では、NiFeの分路領域は磁氣的に飽和されてしまい、透磁率を急激に低下させる。飽和が更に厳しくなると、書込みギャップは付加磁束にとって好ましい通路となる。大きい書込み電流の時、この設計は、磁気テープに十分に書込むに必要なギャップ磁界を発生する。この設計は、テープが走行するための殆ど完全に滑らかな表面を与える。磁束を書込みギャップに通すための更に便利な設計は幅広い分離ギャップを必要とする。そのような分離ギャップは、テープによる磨耗を受ける高圧力のエッジを与える。又、これらの幅広いギャップは、ヘッドとテープとの間に望ましくない間隔を生じさせ得る、テープ肩が堆積するための領域を与える。書かれたパターンを明確に限定するためにエクストラ・フレア432が書込みギャップ430に加えられることに留意すべきである。それらフレアが存在しない場合、書込みギャップを横切る磁界はその両端で減少する。それらフレアは書込みギャップの端部まで十分な書込み磁界を近接して維持するように作用する。

【0086】又、磁気シードレイア及び望ましい磁気磨耗被覆による逆効果を効果的に除くために飽和効果が使用される。これらの層は磁氣的なものであり、書込みギャップ414を含むそのヘッドの前面全体をカバーする。このギャップの短縮は、これら薄膜が非常に低い電流で飽和させられ及び高い書込み電流では効果を生じないということを除いて1つ問題を生じるであろう。当業者には明らかなように、これら飽和効果の有利な使用は設計を簡単にし、このヘッドの性能を改善する。

【0087】サーボ書込みヘッドの好適な実施例は、ヘッドとテープとの間の良好な接触を維持するために交差スロットを持った円筒状輪郭のヘッドを使用する。この接触を維持するための他の技法も使用可能である。更に詳しく云えば、小半径のエッジを持った平らなヘッドはエッジの回りにテープを重ねることによって使用可能である。図24はこの技法を示す。ヘッド900は平坦な前面902を有する。テープ904はわずかなオーバラップ（例えば、1°）をもってヘッドと接触している。ヘッドのオーバラップした隅の上にテープ通すアクショ

ンは、ヘッドとテープとの間の空気の層を取り除くように作用する。テープは、その有限の弾性計数のためにその隅近くでヘッドからわずかに離れて持ち上がるが、その後でヘッドと接触する。この技法はヘッド・テープの接触を維持するために使用可能である。当業者には明らかなように、ヘッド製造プロセスにおける単純化は円筒状の輪郭及び交差スロットをヘッドの設計から除くことによって利益をもたらすよう使用可能である。

【0088】図25は、パターン記録システム502を使用して前述のサーボ・パターンを有する磁気テープを作るプロセスを示す。そのシステム502は、例えば、図1に示されたテープ・ドライブ12に設けることが可能である。更に詳しく云えば、図25は、図9のサーボ・パターンを持った磁気テープを製造するプロセスを示し、図21及び図23に示されたような書き込みヘッド510と接触して磁気テープ504が送られる時のその磁気テープを平面図506及び側面図508で示す。そのテープは矢印512によって表される方向に送られる。

【0089】テープ書き込みヘッド510は、通常、付勢されないが、所定の時間に所定の極性の電流パルスでもって周期的に付勢される。即ち、ヘッドはゼロ電流と単一極性の電流との間で切り換えられる。これは、磁気書き込みヘッドが相互に逆極性の電流の間で交互に切り換えられるという通常の方法とは異なっていることに留意すべきである。テープ504上に所望のサーボ・パターンを生じさせるために、テープは一定の速度で移動し、一方、書き込みヘッド510は間欠的に電流をパルス化される。書き込みヘッドの間欠的な電流パルスは、図25におけるテープ・パターン514によって示されるように、ヘッド・ギャップ構造のコピーである磁束パターンをそのテープ上に生じる。図25から明らかなように、2つの対向したストライプ・バンド又は菱形が書き込みヘッド510を通る各電流パルスによって記録されるように、及び4つのインターリーブした菱形のグループに5つのインターリーブした菱形のグループが後続するという図9に示されたインターリーブした菱形パターンを作成するために電流パルスが計時されるように、2つのシェvron型書き込みギャップが十分にスペースをあけられる。

【0090】図25は、インターリーブしたパターンがテープの1回のパスで書き込まれるようにそのヘッドの書き込みギャップ相互間のスペース511が選択されることを示す。その磁気記憶媒体はヘッド変換方向に所定の速度で動かされ、サーボ書き込みヘッドは所定極性のパルスでもって付勢されて磁束を発生し、そして第1の方位角の向きの1つのサーボ・パターン遷移ストライプ及び第2の方位角の向きの1つのサーボ・パターン遷移ストライプを各付勢時にそのテープ上の1つのトラックに自動的に記録する。テープに記録されたストライプがそのインターリーブした菱形グループの1つを構成するまで、ヘッドは繰り返し付勢される。

テープ書き込み速度の時、4ストライプのグループ又は5ストライプのグループの最後の電流パルスにおけるトレーリング・ギャップ513により記録された遷移ストライプが、そのグループの第1電流パルスにおけるリーディング・ギャップ515及びトレーリング・ギャップ513により記録された第1ストライプ相互間に完全に存在するように、サーボ書き込みギャップ相互間の間隔が選択される。従って、ヘッドの4又は5回の作動の後、所望のインターリーブしたサーボ・パターンが得られる。

【0091】同様に、同期フィーチャ・スペーシング・インターバルは、サーボ・パターン・ストライプを生じさせるようサーボ書き込みヘッドを付勢することなく、テープを所定速度で移動し続けることによって形成される。変換方向におけるスペーシング・インターバルの範囲は、ヘッドが付勢されない時間の長さによって及び所定のテープ速度によって決定される。望ましくは、書き込みヘッドを付勢しない時間は、1つのパルス・グループによって書き込まれるストライプはすべて前のパルス・グループによって書き込まれたストライプを完全に越えるように十分に長い。即ち、1つのグループのすべての遷移ストライプは、次のグループにおけるいずれかのストライプがテープに書き込まれる前に、トレーリング・ギャップ513により通過されてしまう。

【0092】図8に示されたような非インターリーブ・パターンを書き込むためには、ヘッドの書き込みギャップのスペース付与及びパルス発生は、各電流パルス時にトレーリング・ギャップによって記録された遷移ストライプが前の電流パルス時にリーディング・ギャップによって記録されたストライプを完全に越えるようなものである。即ち、リーディング・ギャップによって書き込まれたストライプは、書き込みヘッドの次の付勢前にトレーリング・ギャップを通して移動する。ストライプ・グループ相互間の同期フィーチャは、1つのグループの最後の電流パルス時にリーディング・ギャップによって記録された最後のストライプと次に続くグループ最初の電流パルス時にトレーリング・ギャップによって記録された最初のストライプとの間の変換方向に沿った最小間隔が1つのグループ内の任意の対の連続したストライプ相互間の変換方向における最大距離よりも大きくなるよう、十分に長い時間サーボ・パターン・ストライプを生じさせるためのサーボ書き込みヘッドの付勢を遅らせることによって形成される。

【0093】図25に示されるように、サーボ・パターン記録システム502のプログラム可能なパターン発生器516は、書き込みヘッド510の間欠的な付勢を生じさせるパルス発生器518に与えられるパルスを発生する。パルス幅は有限であり、テープは一定の速度で移動しているので、テープ504上に記録されたサーボ磁束パターンは書き込みヘッドの実際のギャップを細長くしたものである。テープ上に記録された磁束パターンは、テ

ープ速度及びパルス幅の積だけ書込みヘッド上のギャップよりも幅広い。

【0094】サーボ・パターン記録システム502はAC又はDC消去の磁気テープでもって動作することができる。磁気テープ504がAC消去される（そのテープがゼロ磁化を持つことを意味する）場合、書込みヘッド510が付勢される時、テープはギャップ領域上を一方の極性でもって磁化される。そのテープの残りはゼロ磁化のままにされる。磁気テープがDC消去される（テープが一方の極性で時化されることを意味する）場合、書込みヘッド510を通る電流は、記録された磁束パターン・ストライプが反対極性に磁化されるように指示されなければならない。その結果の記録されたパターンは反対極性の磁化領域相互間の遷移より成る。サーボ・パターンがDC消去されたテープから読み出される時に生じた信号は、AC消去されたテープから生じた信号の約2倍の振幅を持つであろう。しかし、好適な実施例では、AC消去されたテープは、サーボ読取りヘッドが飽和してしまうほど長い信号を生じるのを防ぐために使用される。書込み電流の大きさは、テープの書込まれた領域の磁化を減少させて読取り信号を小さくするように縮小可能である。

【0095】図25におけるパターン発生器516は当業者になじみの深いいくつかの技法でもって構成可能である。例えば、必要なパルス・パターンはプログラム可能な読取り専用メモリ（PROM）において記録可能であり、適当なアドレッシング回路でもって循環可能である。別の方法として、必要なパルス・パターンは適当なカウンタ及び関連のロジックの集合によって発生可能である。これらの技法は当業者にはなじみの深いものであり、これ以上の説明を必要としないであろう。

【0096】テープ上に記録されたサーボ・パターンの精度がパターン発生タイミングの精度及びテープ速度の精度に依存することは勿論である。パターン発生タイミングは、望ましくは、クリスタル制御され、従って、非常に正確であり且つ安定している。しかし、テープ速度は、制御することが更に難しくなる。好適な実施例では、0.1%のテープ速度精度が必要である。そのような精度を得るための1つの代替方法は書込みヘッドの近くでテープ速度を測定し、パターン発生器のタイミングを調節してテープ速度エラーを訂正することである。テープ速度を測定することは、例えば、テープによって回転させられる正確なシャフト・エンコーダ505によって、又はレーザ・ドップラ装置によって達成可能である。そのようなテープ速度測定システムの詳細は当業者には明らかであろう。

【0097】パターン・パルスが発生された後、それらは書込みヘッドを通して電流パルスに変換されなければならない。好適な実施例では、パルス発生器回路は3アンペアまでのピーク電流を有する150ナノ秒の期間を

持ったパルスを生じさせ、50ナノ秒よりも小さい時間で上昇及び降下する。当業者には明らかのように、そのようなパルス発生器は、例えば、電力用MOSFETスイッチ及び電流制限抵抗器でもって構成可能である。これらの技法は、これ以上の説明なしでも、当業者には容易に明らかであろう。

【0098】図26は、テープ検証素子を示すテープ書込みシステム502の概略図であり、サーボ・パターンがテープ上に記録される時にテープ504が供給リール520から巻取りリール522まで送られることを示す。パターン発生器516はパターン・パルスを発生し、それらパターン・パルスは、書込みヘッドを間欠的に付勢するサーボ書込みヘッド・パルス発生器518に供給される。テープ504がサーボ・パターンを記録された後、そのパターンは高品質を保証するために検証されなければならない。サーボ読取りヘッド524は今記録されたサーボ・パターンを読取り、サーボ信号を前置増幅器526に供給する。その前置増幅器はサーボ信号の増幅されたものをパターン検証器528に供給する。パターン検証器は、サーボ・パターン、信号振幅、脱落率、及び冗長サーボ・ヘッドの整合性をチェックするような種々の検証オペレーションを遂行する。その検証器は、何らかのエラーが検出された場合、テープ504の不良部分がテープ・カートリッジ（図1）にロードされないように、不良テープ・マーキング・ヘッド530がそのテープ上に磁気マークを付けるようにさせる。

【0099】この説明は専用のサーボ・トラックの実施例に焦点を合わせたけれども、このサーボシステムは組込みサーボの実施例にも適用可能である。専用サーボ・トラックのシステムでは、テープ上の或トラックはサーボ・パターンに対して排他的に使用される。動作時には、サーボ読取り素子はいつもこれらサーボ・トラックの1つの上にあり、一方、他の素子はデータを読取り及び書込むために使用される。組込み式のサーボ・システムはサーボ・パターン及びデータ・ブロックを同じトラック上で空間的に分離している。この方法では、サーボ情報及びデータの両方を読取るために単一の素子が使用可能である。その組込み式のサーボ方法は、単一の素子が両方に対して使用されるため、サーボ・サンプル速度及びデータ速度を減少させる。サーボ及びデータの読取りのために同じヘッド素子を使用することに対する1つの欠点は、狭いサーボ読取りヘッドを使用することが、すべて実用目的のために、排除されることである。しかし、ヘッド・モジュールにおいて必要な素子の数を少なくすること及び別個のサーボ素子及びデータ素子を使用することに起因するオフセット・エラーを少なくすることのような他の利点が得られる。ここに開示したサーボ・システムが組込み式のサーボのアプリケーションに適用するよう拡張可能であることは当業者には明らかであろう。

【0100】以上では、サーボ読取りヘッドがサーボ・トラックの幅を横切って移動方向に移動し且つテープが変換方向にヘッドの下を移動する時、連続的に変化するサーボ位置情報信号を発生する、各サーボ・トラックの幅を横切って延びる反復磁束遷移のサーボ・パターンを説明した。又、複数ギャップのサーボ書込みヘッドを構成する方法を含む、サーボ・パターンを発生するに適した種々のサーボ書込みヘッドを説明した。更に、テープにおけるサーボ・パターンの正確な再生を保証するためのテープ検証システムを含むサーボ・パターン書込みシステムを説明した。

【0101】本発明の理解が得られるように、好適な実施例によって本発明を説明した。しかし、本願では特別に説明しなかったが本発明が適用可能な多くのサーボ・デコーダ、サーボ・パターン、サーボ制御システム、記憶媒体、サーボ書込みシステム、データ記憶システム、及びサーボ書込みヘッドに対する多くの構成が存在する。従って、本発明はここに開示した特定の実施例に限定されるとみるべきではなく、サーボ・デコーダ、サーボ・パターン、及びサーボ書込みヘッドに関して一般に幅広い適用性を持つものと理解すべきである。

【0102】まとめとして、本発明の構成に関して以下の事項を開示する。

【0103】(1) 移動する磁気記憶媒体の表面上の少なくとも1つのトラックに記録されたサーボ・パターンを読み取るために前記表面に隣接して磁気ヘッドを位置づけるためのサーボ制御システムにして、前記記憶媒体上のサーボ・パターンを変換方向に読取るための少なくとも1つのサーボ読取りヘッドを有し、前記サーボ・パターンを表す読取りヘッド信号を発生するためのヘッド・アセンブリと、前記読取りヘッド信号を受け、それをデコードして、前記サーボ・パターンに関する前記読取りヘッドの位置を表す位置信号を発生するためのサーボ・デコーダと、前記記憶媒体に関して前記ヘッド・アセンブリを位置づけるように作動される移動アセンブリと、前記位置信号に従って前記移動アセンブリを作動するためのサーボ・コントローラと、を含み、前記サーボ・デコーダは磁束遷移の循環シーケンスを含むサーボ・パターンから発生された読取りヘッド信号をデコードするための信号デコーダを含むこと、前記磁束遷移は前記トラックの幅を横切って連続的に延び、前記磁気ヘッドが前記トラックの幅を横切って移動する時に前記サーボ読取りヘッド信号が変化するようなサーボ・パターン・ストライプを形成すること、前記ストライプは少なくとも第1方位角の向き及び第2方位角の向きを、前記第1方位角の向きが前記第2方位角の向きに平行にならないように含むこと、及び前記サーボ・デコーダは前記サーボ・パターンにおける複数の所定の遷移対相互間の時間インターバルを決定し、前記時間インターバルの関数である実質的に速度不変の位置信号を発生するための手

段を含むこと、を特徴とするサーボ制御システム。

(2) 前記サーボ・デコーダは前記第1方位角の向きのストライプから前記第2方位角の向きのストライプまでの前記読取りヘッド信号の時間インターバル及び同じ向きの2つのストライプ相互間の時間インターバルの比に従って位置信号値を発生することを特徴とする上記

(1)に記載のサーボ制御システム。

(3) 前記信号デコーダは第1磁束極性を持った磁束遷移に対応する前記読取りヘッドからの信号を検出し、第2磁束極性を持った磁束遷移を無視することを特徴とする上記(1)に記載のサーボ制御システム。

(4) 前記信号デコーダは、前記ストライプが前記第1方位角の向きの複数の連続ストライプを持ったグループ及びそれに続く前記第2方位角の向きの複数の連続ストライプを持ったグループで配列されるサーボ・パターンから発生された読取りヘッド信号をデコードすること、及び前記グループは同期フィーチャによって分離されていること、を特徴とする上記(1)に記載のサーボ制御システム。

(5) 移動する磁気記憶媒体の表面上の少なくとも1つのトラックに記録されたサーボ・パターンを読み取るために前記表面に隣接して磁気ヘッドを位置づけるためのサーボ制御システムにして、前記記憶媒体上のサーボ・パターンを変換方向に読取るための少なくとも1つのサーボ読取りヘッドを有し、前記サーボ・パターンを表す読取りヘッド信号を発生するためのヘッド・アセンブリと、前記読取りヘッド信号を受け、それをデコードして、前記サーボ・パターンに関する前記読取りヘッドの位置を表す位置信号を発生するためのサーボ・デコーダと、前記記憶媒体に関して前記ヘッド・アセンブリを位置づけるように作動される移動アセンブリと、前記位置信号に従って前記移動アセンブリを作動するためのサーボ・コントローラと、を含み、前記サーボ・デコーダは、前記読取りヘッド信号と前記記憶媒体上に記録された所定のサーボ・パターンとを相関させるように前記読取りヘッド信号のパターン認識によって前記位置信号におけるエラーを検出するための手段を含み、前記信号がエラー限界内で関しない場合、前記サーボ・デコーダはエラー状態を表すことを特徴とするサーボ制御システム。

(6) 前記サーボ・デコーダのエラーを検出するための手段は周期的同期フィーチャを含む磁束遷移の循環シーケンスを含むサーボ・パターンを検出すること、及び前記サーボ・デコーダは、同期フィーチャ相互間で生じる遷移の数をカウントすること及び前記遷移の数と所定のサーボ・パターンにおける遷移の数とを比較することによって、前記サーボ・デコーダによってカウントされた遷移の数が前記所定のサーボ・パターンにおける遷移の数に等しくない場合、前記サーボ・デコーダがエラー状態を表すように前記サーボ・ヘッド信号を相関させるこ

と、を特徴とする上記(5)に記載のサーボ制御システム。

(7) 前記サーボ・デコーダのエラーを検出するための手段はサーボ・パターンから発生された読取りヘッド信号をデコードすること、前記サーボ・パターンは前記トラックの幅を横切って連続的に延び、前記磁気ヘッドが前記トラックの幅を横切って移動する時に前記サーボ読取りヘッド信号が変化するようなサーボ・パターン・ストライプを形成すること、前記ストライプは少なくとも第1方位角の向き及び第2方位角の向きを、前記第1方位角の向きが前記第2方位角の向きに平行にならないように含むこと、及び前記ストライプは前記第1方位角の向きの複数の連続ストライプを持ったグループ及びそれに続く前記第2方位角の向きの複数の連続ストライプを持ったグループで配列されていること、を特徴とする上記(6)に記載のサーボ制御システム。

(8) 前記サーボ・パターンの同期フィーチャは少なくとも1つの極性の遷移のない遷移フリー・スペースを含むこと、及び前記遷移フリー・スペースの前記変換方向における最小長は同じ方位角の向きのストライプのグループ内で前記極性の連続した遷移相互間の前記変換方向における最大長を越えること、を特徴とする上記(6)に記載のサーボ制御システム。

(9) 前記サーボ・デコーダのエラーを検出するための手段はサーボ・パターンから発生された読取りヘッド信号をデコードすること、前記サーボ・パターンは前記トラックの幅を横切って連続的に延び、前記磁気ヘッドが前記トラックの幅を横切って移動する時に前記サーボ読取りヘッド信号が変化するようなサーボ・パターン・ストライプを形成すること、前記ストライプは少なくとも第1方位角の向き及び第2方位角の向きを、前記第1方位角の向きが前記第2方位角の向きに平行にならないように含むこと、及び前記ストライプは複数の連続したサブグループを含むグループで配置され、前記サブグループの各々は複数の方位角の向きでストライプを含み、前記グループは前記サーボ・デコーダによって検出可能な同期フィーチャによって分離されていること、を特徴とする上記(6)に記載のサーボ制御システム。

(10) 前記サーボ・パターンの同期フィーチャは少なくとも1つの極性の遷移のない遷移フリー・スペースを含むこと、及び前記遷移フリー・スペースの前記変換方向における最小長は同じ方位角の向きのストライプのグループ内で前記極性の連続した遷移相互間の前記変換方向における最大長を越えること、を特徴とする上記(9)に記載のサーボ制御システム。

(11) 前記サーボ・デコーダのエラーを検出するための手段は磁束遷移の循環シーケンスを含むサーボ・パターンを検出すること、及び前記サーボ・デコーダは、複数の所定の対の遷移相互間の時間インターバルを決定すること及び前記時間インターバルと所定の時間インタ

ーバルとの関係の期間を比較することによって、前記時間インターバル相互間の関係がエラー限界内の前記所定の関係に等しくない場合に前記デコーダがエラー状態を表示するように前記読取りヘッド信号を相関させること、を特徴とする上記(5)に記載のサーボ制御システム。

(12) 前記サーボ・デコーダのエラーを検出するための手段は遷移対相互間の複数の時間インターバルを同一性に関して比較し、該時間インターバルが所定のエラー限界よりも多く相互に異なっている場合、前記サーボ・デコーダがエラー状態を表すことを特徴とする上記(11)に記載のサーボ制御システム。

(13) 前記サーボ・デコーダのエラーを検出するための手段は遷移対相互間の複数の時間インターバルの和を同一性に関して比較し、前記和が所定のエラー限界よりも多く相互に異なっている場合、前記サーボ・デコーダがエラー状態を表すことを特徴とする上記(11)に記載のサーボ制御システム。

(14) 前記サーボ・デコーダの位置信号は一連の値を含み、前記サーボ・デコーダが前記読取りヘッド信号におけるエラー状態を表す場合、現在の位置信号の値は前記エラー状態の前に生じた1つ又は複数の位置信号の値から取り出された値でもって置換されることを特徴とする上記(5)に記載のサーボ制御システム。

(15) 前記置換される値はエラー状態が表される前に前記サーボ・デコーダによって発生された最後の位置信号の値であることを特徴とする上記(14)に記載のサーボ制御システム。

(16) 前記サーボ・デコーダの位置信号は一連の値を含み、前記サーボ・デコーダが前記読取りヘッド信号におけるエラー状態を表す場合、現在の位置信号の値は廃棄されることを特徴とする上記(5)に記載のサーボ制御システム。

(17) 前記記憶媒体上の更なるサーボ・パターンを読取り、前記更なるサーボ・パターンを表す更なる読取りヘッド信号を発生するための1つ又は複数の更なる読取りヘッドと、前記更なる読取りヘッド信号を受け、それらをデコードして前記サーボ・パターンに関する前記更なる読取りヘッドの位置を表す更なる位置信号を発生する1つ又は複数の更なるサーボ・デコーダと、を含み、前記廃棄された現在の位置信号の値を、エラー状態にない1つ又は複数の更なる位置信号の値から取り出された値でもって置換することを特徴とする上記(16)に記載のサーボ制御システム。

(18) 移動する磁気記憶媒体の表面上の少なくとも1つのトラックに記録されたサーボ・パターンを読み取るために前記表面に隣接して磁気ヘッドを位置づけるためのサーボ制御システムにして、前記記憶媒体上のサーボ・パターンを変換方向に読取るための少なくとも1つのサーボ読取りヘッドを有し、前記サーボ・パターンを表

す読取りヘッド信号を発生するためのヘッド・アセンブリと、前記読取りヘッド信号を受け、それをデコードして、前記サーボ・パターンに関する前記読取りヘッドの位置を表す位置信号を発生するためのサーボ・デコーダと、前記記憶媒体に関して前記ヘッド・アセンブリを位置づけるように作動される移動アセンブリと、前記位置信号に従って前記移動アセンブリを作動するためのサーボ・コントローラと、を含み、前記ヘッド・アセンブリは少なくとも1つのデータ読取りヘッドを含み、前記変換方向に対して垂直な方向のヘッド寸法として幅を定義した場合、前記サーボ読取りヘッドは最も狭いデータ読取りヘッドの幅の半分よりも小さい幅を有することを特徴とするサーボ制御システム。

(19) 前記サーボ・パターンを含む前記記憶媒体のサーボ・トラックの幅は単一のデータ・トラックの幅よりも広いことを特徴とする上記(18)に記載のサーボ制御システム。

(20) 1つ又は複数の隣接したサーボ・トラックが1つ又は複数のサーボ・バンドを形成することを特徴とする上記(18)に記載のサーボ制御システム。

(21) 1つのサーボ・バンドは単一のデータ・トラックよりも幅広いことを特徴とする上記(20)に記載のサーボ制御システム。

(22) 前記サーボ・デコーダはサーボ・パターンから発生された読取りヘッド信号をデコードすること、前記サーボ・パターンは前記トラックの幅を横切って連続的に延び、前記磁気ヘッドが前記トラックの幅を横切って移動する時に前記サーボ読取りヘッド信号が変化するようなサーボ・パターン・ストライプを形成すること、及び前記ストライプは少なくとも第1方位角の向き及び第2方位角の向きを、前記第1方位角の向きが前記第2方位角の向きに平行にならないように含むこと、を特徴とする上記(18)に記載のサーボ制御システム。

(23) 前記サーボ・パターン・ストライプは第1方位角の向きの複数の連続ストライプを持ったグループ及びそれに続く前記第2方位角の向きの複数の連続ストライプを持ったグループで配列されることを特徴とする上記(22)に記載のサーボ制御システム。

(24) 移動する磁気記憶媒体の表面上の少なくとも1つのトラックに記録されたサーボ・パターンを読み取るために前記表面に隣接して磁気ヘッドを位置づけるためのサーボ制御システムにして、前記記憶媒体上のサーボ・パターンを変換方向に読取るための少なくとも1つのサーボ読取りヘッドを有し、前記サーボ・パターンを表す読取りヘッド信号を発生するためのヘッド・アセンブリと、前記読取りヘッド信号を受け、それをデコードして、前記サーボ・パターンに関する前記読取りヘッドの位置を表す位置信号を発生するためのサーボ・デコーダと、前記記憶媒体に関して前記ヘッド・アセンブリを位置づけるように作動される移動アセンブリと、前記位置

信号に従って前記移動アセンブリを作動するためのサーボ・コントローラと、を含み、前記サーボ・デコーダはサーボ・パターンから発生された読取りヘッド信号をデコードすること、前記サーボ・パターンは前記トラックの幅を横切って連続的に延び、前記磁気ヘッドが前記トラックの幅を横切って移動する時に前記サーボ読取りヘッド信号が変化するようなサーボ・パターン・ストライプを形成すること、及び前記ストライプは少なくとも第1方位角の向き及び第2方位角の向きを、前記第1方位角の向きが前記第2方位角の向きに平行にならないように含み、以て、前記サーボ・デコーダのデコードするための手段は、前記ストライプが第1方位角の向きの複数の連続ストライプを含むグループ及びそれに続く前記第2方位角の向きの複数の連続ストライプを含むグループで配列されるパターンを表す読取りヘッド信号をデコードすること、を特徴とするサーボ制御システム。

(25) 前記サーボ・デコーダのデコードするための手段は、第1の向きの複数の連続ストライプを持ったグループ及びそれに続く第2の向きの複数の連続ストライプを持ったグループで配列され、前記サーボ・デコーダによって検出可能な同期フィーチャによって分離されたストライプを有するサーボ・パターンから発生された読取りヘッド信号をデコードすることを特徴とする上記(24)に記載のサーボ制御システム。

(26) 前記サーボ・パターンの同期フィーチャはサーボ制御情報以外の情報を含むことを特徴とする上記(25)に記載のサーボ制御システム。

(27) 前記サーボ・パターンの同期フィーチャは少なくとも1つの極性の遷移のない遷移フリー・スペースを含むこと、及び前記遷移フリー・スペースの前記変換方向における最小長は同じ方位角の向きのストライプのグループ内で前記極性の連続した遷移相互間の前記変換方向における最大長を越えること、を特徴とする上記(25)に記載のサーボ制御システム。

(28) 前記磁束遷移の循環シーケンスの各パターン周期は複数のストライプのグループを含み、各グループは単一の方位角の向きのストライプを含むこと及び1つの周期内の少なくとも1つのグループは他のグループ内に含まれた数とは異なる数のストライプを含むことを特徴とする上記(27)に記載のサーボ制御システム。

(29) 前記サーボ・デコーダのデコードするための手段は前のストライプのグループにおける検出されたストライプの数をカウントすることによってパターン周期内の個々の遷移フリー・スペースを識別することを特徴とする上記(28)に記載のサーボ制御システム。

(30) 前記磁束遷移の循環シーケンスの各パターン周期は第1の向きの4つのストライプのグループ、それに続く第2の向きの4つのストライプのグループ、それに続く第1の向きの5つのストライプのグループ、それに続く第2の向きの5つのストライプのグループ、及び各

置づけるように作動される移動アセンブリと、前記位置信号に従って前記移動アセンブリを作動するためのサーボ・コントローラと、を含み、前記サーボ・デコーダは磁束遷移の循環シーケンスを含むサーボ・パターンから発生された読取りヘッド信号をデコードするための手段を含むこと、前記磁束遷移は前記トラックの幅を横切って連続的に延び、前記磁気ヘッドが前記トラックの幅を横切って移動する時に前記サーボ読取りヘッド信号が変化するようなサーボ・パターン・ストライプを形成すること、及び前記ストライプは少なくとも第1方位角の向き及び第2方位角の向きを、前記第1方位角の向きが前記第2方位角の向きに平行にならないように含むこと、前記ストライプは複数の連続したサブグループを含むグループで配列され、前記サブグループの各々は複数の方位角の向きにストライプを有し、前記グループは前記サーボ・デコーダによって検出可能な同期フィーチャによって分離され、を特徴とするサーボ制御システム。

10

(38) 前記サーボ・パターンの一対のストライプのサブグループはストライプの対を含み、前記対の各々は第1方位角の向きのストライプ及び第2方位角の向きのストライプを含むことを特徴とする上記(37)に記載のサーボ制御システム。

20

30

(39) 前記サーボ・パターンの同期フィーチャは少なくとも1つの極性の遷移のない遷移フリー・スペースを含むこと、及び前記遷移フリー・スペースの前記変換方向における最小長は同じ方位角の向きのストライプのグループ内で前記極性の連続した遷移相互間の前記変換方向における最大長を越えること、を特徴とする上記(37)に記載のサーボ制御システム。

(40) 前記サーボ・パターンの同期フィーチャはサーボ制御情報以外の情報を含むことを特徴とする上記(37)に記載のサーボ制御システム。

(41) 前記記憶媒体上の1つ又は複数個の隣接したサーボ・トラックが1つ又は複数個のサーボ・トラック・バンドを形成することを特徴とする上記(37)に記載のサーボ制御システム。

(42) 1つのバンド内の隣接したサーボ・トラックは同じものであることを特徴とする上記(41)に記載のサーボ制御システム。

(43) 1つのバンド内の隣接したサーボ・トラックは、1つのバンドにおけるすべての遷移が該バンドの幅を横切って連続するように前記変換方向の1つの線における相互の倒影であるパターンを含むことを特徴とする上記(41)に記載のサーボ制御システム。

(44) 前記信号デコーダのデコードするための手段は、第1磁束極性を持った磁束遷移に対応するサーボ読取りヘッドからの信号を検出し、第2磁束極性を持った磁束遷移を無視することを特徴とする上記(37)に記載の

(45) 前記記憶媒体は前記サーボ・パターンが記録された磁性層を有するテープ基板を含むことを特徴とする上記(37)に記載のサーボ制御システム。

(46) 移動する磁気記憶媒体の表面に隣接してヘッド・アセンブリを位置づける磁気記憶媒体駆動装置において使用するために、前記磁気記憶媒体の表面上の少なくとも1つのトラックに記録されたサーボ・パターンを変換方向に読み取るための磁気ヘッド・アセンブリにして、少なくとも1つのサーボ読取りヘッド及びデータ読取りヘッドを含み、前記変換方向に対して垂直な方向のヘッド寸法をヘッド幅として定義した場合、前記サーボ読取りヘッドは最も狭いデータ読取りヘッドのヘッド幅の半分よりも小さいヘッド幅を有することを特徴とする磁気ヘッド・アセンブリ。

(47) ヘッド変換方向に沿って複数の磁束遷移を磁気記憶媒体のサーボ・トラックに書き込むためのサーボ書き込みヘッドにして、前記変換方向に対してサーボ・トラック当り複数の方位角の向きの複数のギャップを有し、前記ギャップのうちの任意の2つのギャップ相互間の前記変換方向における最小間隔が前記ギャップのうちの任意のギャップの変換方向における幅を越えるようにしたことを特徴とするサーボ書き込みヘッド。

(48) 書込まれたサーボ・トラック当り2つのギャップを第1及び第2方位角の向きで有するように前記ギャップが配置されていることを特徴とする上記(47)に記載のサーボ書き込みヘッド。

(49) 任意の2つのギャップ相互間の変換方向における最小ギャップ間隔は前記変換方向におけるギャップ幅の4倍を越えることを特徴とする上記(47)に記載のサーボ書き込みヘッド。

(50) コンピュータの記憶媒体駆動システムにて使用するための磁気記憶媒体においてサーボ・パターンを生じさせるための磁束を発生するサーボ書き込みヘッドにして、少なくとも1つのギャップを持った媒体担持輪郭面を有する磁気透過性コアと、サーボ・パターンを形成する書き込みギャップを除いてコア・ギャップをブリッジして媒体担持輪郭面をカバーする磁気透過性フィルム層と、前記磁気透過性コアの回りに巻かれた導電性コイルと、を含むサーボ書き込みヘッド。

(51) 前記コアは非磁性スペーサによって結合された透磁性材料の2つのブロックを含み、前記スペーサは前記媒体担持輪郭面において1つのブロックから他のブロックに延びていることを特徴とする上記(50)に記載のサーボ書き込みヘッド。

(52) 前記媒体担持輪郭面は平坦な面であることを特徴とする上記(51)に記載のサーボ書き込みヘッド。

(53) 前記媒体担持輪郭面は円筒状の面であることを特徴とする上記(51)に記載のサーボ書き込みヘッド。

(54) 前記透磁性コアの材料はフェライトであることを特徴とする上記(51)に記載のサーボ書き込みヘッ

ド。

(55) 前記非磁性スペーサはガラスであることを特徴とする上記(51)に記載のサーボ書き込みヘッド。

(56) 前記透磁性フィルム層はNiFe合金を含むことを特徴とする上記(51)に記載のサーボ書き込みヘッド。

(57) 前記輪郭面をカバーする前記透磁性フィルム層の上に保護被覆を含むことを特徴とする上記(51)に記載のサーボ書き込みヘッド。

(58) 前記保護被覆はカーボンを含むことを特徴とする上記(57)に記載のサーボ書き込みヘッド。

(59) 前記保護被覆は透磁性材料を含むことを特徴とする上記(57)に記載のサーボ書き込みヘッド。

(60) 前記透磁性材料はNiFeN/FeN積層を含むことを特徴とする上記(59)に記載のサーボ書き込みヘッド。

(61) 前記サーボ・パターンを定義するギャップは動作磁束レベルで飽和する透磁性パスによって磁的に分路されていることを特徴とする上記(50)に記載のサーボ書き込みヘッド。

(62) 前記ギャップは透磁性材料の実質的に連続したフィルムにおいて小さな孔を含むことを特徴とする上記(61)に記載のサーボ書き込みヘッド。

(63) 磁気記憶媒体上にサーボ・パターンを生じさせるためのサーボ・パターン書き込み装置にして、変換方向に沿って前記磁気記憶媒体上のトラックに記録された磁束遷移の循環シーケンスを含むサーボ・パターンを生じさせるための磁束を発生する複数ギャップのサーボ書き込みヘッドと、所定の極性でもって前記サーボ書き込みヘッドを間欠的に付勢して前記記憶媒体上に磁束遷移のパターンを自動的に記録し、前記サーボ・パターンを生じさせる電流パルス発生装置と、を含み、前記磁束遷移はサーボ・トラックの幅を横切って連続的に延び、サーボ読取りヘッドがサーボ・トラックの幅を横切って移動する時、サーボ読取りヘッドにより発生されるサーボ読取りヘッド信号が変化するようなサーボ・パターン・ストライプを定義すること、及び前記ストライプは少なくとも第1方位角の向き及び第2方位角の向きを、前記第1方位角の向きが前記第2方位角の向きに平行にならないように含むこと、を特徴とするサーボ・パターン書き込み装置。

(64) 前記サーボ書き込みヘッドの複数のギャップは、任意に2つのギャップ相互間の前記変換方向における最小間隔が任意のギャップの前記変換方向における幅を超えるように、記録済みのサーボ・トラック当り複数の方位角の向きに位置づけられることを特徴とする上記(63)に記載のサーボ・パターン書き込み装置。

(65) 前記複数ギャップのサーボ書き込みヘッドは、複数の書き込みギャップを持った媒体担持輪郭面を有する透磁性コアと、前記サーボ・パターンを形成する書き込み

ギャップ以外のコア・ギャップをブリッジして前記媒体担持輪郭面をカバーする透磁性フィルム層と、前記透磁性コアの回りに巻かれた導電性コイルと、を含むことを特徴とする上記(63)に記載のサーボ・パターン書込み装置。

(66) 前記循環遷移シーケンスの各周期は連続ストライプの複数個のグループを含むこと、各グループは第1の向きの複数個の連続ストライプ及びそれに続く第2の向きの複数個の連続ストライプを有すること、及び前駆グループは同期フィーチャによって分離されること、を

特徴とする上記(63)に記載のサーボパターン書込み装置。

(67) 前記循環遷移シーケンスの各周期はストライプの複数個のグループを含むこと、各グループは単一の方位角の向きのストライプを含むこと、及び1つの周期における少なくとも1つのグループは他のグループに含まれたストライプの数とは異なる数のストライプを含むこと、を特徴とする上記(66)に記載のサーボパターン書込み装置。

(68) 前記磁束遷移の循環シーケンスの各パターン周期は第1の向きの4つのストライプのグループ、それに続く第2の向きの4つのストライプのグループ、それに続く第1の向きの5つのストライプのグループ、それに続く第2の向きの5つのストライプのグループ、及び各グループの後に生じる遷移フリー・スペースを含むことを特徴とする上記(67)に記載のサーボ・パターン書込装置。

(69) サーボ・パターンをサーボ・トラックに記録されて成り、サーボ読取りヘッドが前記サーボ・パターンに関して移動する時、前記ヘッドからサーボ読取りヘッド信号を発生させるための磁気記憶媒体にして、前記サーボ・パターンは磁束遷移の循環シーケンスを含むこと、前記磁束遷移は前記サーボ・トラックの幅を横切って連続的に延び、前記サーボ読取りヘッドがサーボ・トラックの幅を横切って移動する時前記サーボ読取りヘッド信号が変化するようなサーボ・パターン・ストライプを形成すること、及び前記ストライプは少なくとも第1方位角の向き及び第2方位角の向きを、前記第1方位角の向きが前記第2方位角の向きに平行にならないように含み、前記第1方位角の向きに複数個の連続ストライプを持ったグループ及びそれに続いて第2方位角の向きに複数個の連続ストライプを持ったグループに配列されること、を特徴とする磁気記憶媒体。

(70) 前記ストライプは第1の向きの複数個の連続ストライプに続く第2の向きの複数個の連続ストライプを有するグループに配列され、サーボ・デコーダによって検出可能な同期フィーチャによって分離されることを特徴とする上記(69)に記載の磁気記憶媒体。

(71) 前記同期フィーチャは少なくとも1つの極性の遷移のない遷移フリー・スペースを含むこと、及び前記

遷移フリー・スペースの前記変換方向における最小長は同じ方位角の向きのストライプのグループ内で前記極性の連続した遷移相互間の前記変換方向における最大長を越えること、を特徴とする上記(70)に記載の磁気記憶媒体。

(72) 前記循環遷移シーケンスの各周期はストライプの複数個のグループを含むこと、各グループは単一の方位角の向きのストライプを含むこと、及び1つの周期における少なくとも1つのグループは他のグループに含まれたストライプの数とは異なる数のストライプを含むこと、を特徴とする上記(71)に記載の磁気記憶媒体。

(73) 前記磁束遷移の循環シーケンスの各パターン周期は第1の向きの4つのストライプのグループ、それに続く第2の向きの4つのストライプのグループ、それに続く第1の向きの5つのストライプのグループ、それに続く第2の向きの5つのストライプのグループ、及び各グループの後に生じる遷移フリー・スペースを含むことを特徴とする上記(72)に記載の磁気記憶媒体。

(74) 前記同期フィーチャは前記サーボ制御情報以外の情報を含むことを特徴とする上記(70)に記載の磁気記憶媒体。

(75) 1つ又は複数個の隣接するサーボ・トラックが、1つ又は複数個のサーボ・バンドを形成することを特徴とする上記(69)に記載の磁気記憶媒体。

(76) 1つのバンド内の隣接するサーボ・トラックは同じものであることを特徴とする上記(75)に記載の磁気記憶媒体。

(77) 1つのバンド内の隣接したサーボ・トラックは、1つのバンドにおけるすべての遷移が該バンドの幅を横切って連続するように前記変換方向の1つの線において相互の倒影であるパターンを含むことを特徴とする上記(75)に記載の磁気記憶媒体。

(78) 前記記憶媒体上の2つのトラックはサーボ・バンドを、前記変換方向における該バンドの中心に関して対称的に形成すること、各トラックは循環シーケンスを含み、該循環シーケンスの周期は第1の向きの4つの線形ストライプのグループ、それに続く第2の向きの4つの線形ストライプのグループ、それに続く第1の向きの5つの線形ストライプのグループ、それに続く第2の向きの5つの線形ストライプのグループ、及び各グループの後に生じる遷移フリー・スペースを含むこと、及び前記第1方位角の向き及び第2方位角の向きは前記バンドが遷移フリー・スペースによって分離された反対方向の4つ及び5つのシェブロン連続グループを含むように前記バンドの中心に沿って対称的であること、を特徴とする上記(77)に記載の磁気記憶媒体。

(79) 前記記憶媒体は前記サーボ・パターンが記録された磁性層を持ったテープ基板であることを特徴とする上記(69)に記載の磁気記憶媒体。

(80) サーボ・パターンをサーボ・トラックに記録さ

れて成り、サーボ読取りヘッドが前記サーボ・パターンに関して移動する時、前記ヘッドからサーボ読取りヘッド信号を発生させるための磁気記憶媒体にして、前記サーボ・パターンは磁束遷移の循環シーケンスを含むこと、前記磁束遷移は前記サーボ・トラックの幅を横切って連続的に延び、前記サーボ読取りヘッドがサーボ・トラックの幅を横切って移動する時前記サーボ読取りヘッド信号が変化するようなサーボ・パターン・ストライプを形成すること、前記ストライプは少なくとも第1方位角の向き及び第2方位角の向きを、前記第1方位角の向きが前記第2方位角の向きに平行にならないように含み、複数の連続したサブグループを含むグループで配列されること、前記サブグループの各々は複数の方位角の向きのストライプを含むこと、前記グループは同期フィーチャによって分離されること、を特徴とする磁気記憶媒体。

(81) 前記ストライプのサブグループはストライプの対を含み、前記対の各々は第1方位角の向きのストライプ及び第2方位角の向きのストライプを含むことを特徴とする上記(80)に記載の磁気記憶媒体。

(82) 前記同期フィーチャは少なくとも1つの極性の遷移のない遷移フリー・スペースを含むこと、及び前記遷移フリー・スペースの前記変換方向における最小長は同じ方位角の向きのストライプのグループ内で前記極性の連続した遷移相互間の前記変換方向における最大長を越えること、を特徴とする上記(80)に記載の磁気記憶媒体。

(83) 前記同期フィーチャはサーボ制御情報以外の情報を含むことを特徴とする上記(80)に記載の磁気記憶媒体。

(84) 1つ又は複数の隣接するサーボ・トラックが1つ又は複数のサーボ・トラック・バンドを形成することを特徴とする上記(80)に記載の磁気記憶媒体。

(85) 1つのバンド内の隣接するサーボ・トラックは同じものであることを特徴とする上記(84)に記載の磁気記憶媒体。

(86) 1つのバンド内の隣接したサーボ・トラックは、1つのバンドにおけるすべての遷移が該バンドの幅を横切って連続するように前記変換方向における1つの線において相互に類似したパターンを含むことを特徴とする上記(84)に記載の磁気記憶媒体。

(87) 1つのバンドにおける遷移は、前記バンドが遷移フリー・スペースによって分離された反対方向の4つ及び5つのシェブロン連続グループを含むように前記バンドの中心に沿った線に関して対称的であることを特徴とする上記(86)に記載の磁気記憶媒体。

(88) 前記記憶媒体は前記サーボ・パターンが記録された磁性層を持ったテープ基板であることを特徴とする上記(86)に記載の磁気記憶媒体。

(89) テープ・カートリッジ・ドライブとインターフ

ェースするように適応したカートリッジ・ハウジングと、前記カートリッジ・ハウジング内に収納された磁気テープ記憶媒体と、を含み、前記記憶媒体は、データ・トラックに関連したサーボ・トラックにサーボ・パターンが記録された表面を有し、前記サーボ・パターンに関して移動するサーボ読取りヘッドにおいてサーボ読取りヘッド信号を発生させること、前記サーボ・パターンは磁束遷移の循環シーケンスを含むこと、前記磁束遷移は前記サーボ・トラックの幅を横切って連続的に延び、前記サーボ読取りヘッドがサーボ・トラックの幅を横切って移動する時前記サーボ読取りヘッド信号が変化するようにサーボ・パターン・ストライプを形成すること、前記ストライプは少なくとも第1方位角の向き及び第2方位角の向きを、前記第1方位角の向きが前記第2方位角の向きに平行にならないように含むこと、及び前記ストライプは前記第1方位角の向きに複数の連続ストライプを持ったグループ及びそれに続いて第2方位角の向きに複数の連続ストライプを持ったグループで配列されること、を特徴とするテープ・カートリッジ。

(90) 前記ストライプは第1の向きの複数の連続ストライプを有するグループ及びそれに続く第2の向きの複数の連続ストライプを有するグループに配列され、サーボ・デコードによって検出可能な同期フィーチャによって分離されることを特徴とする上記(89)に記載のテープ・カートリッジ。

(91) 前記同期フィーチャは少なくとも1つの極性の遷移のない遷移フリー・スペースを含むこと、及び前記遷移フリー・スペースの前記変換方向における最小長は同じ方位角の向きのストライプのグループ内で前記極性の連続した遷移相互間の前記変換方向における最大長を越えること、を特徴とする上記(90)に記載のテープ・カートリッジ。

(92) 前記循環遷移シーケンスの各パターン周期はストライプの複数のグループを含むこと、各グループは単一の方位角の向きのストライプを含むこと、及び1つの周期における少なくとも1つのグループは他のグループに含まれたストライプの数とは異なる数のストライプを含むこと、を特徴とする上記(91)に記載のテープ・カートリッジ。

(93) 前記磁束遷移の循環シーケンスの各パターン周期は第1の向きの4つのストライプのグループ、それに続く第2の向きの4つのストライプのグループ、それに続く第1の向きの5つのストライプのグループ、それに続く第2の向きの5つのストライプのグループ、及び各グループの後に生じる遷移フリー・スペースを含むことを特徴とする上記(92)に記載のテープ・カートリッジ。

(94) 1つ又は複数の隣接するサーボ・トラックが1つ又は複数のサーボ・トラック・バンドを形成することを特徴とする上記(89)に記載のテープ・カート

リッジ。

(95) 1つのバンド内の隣接するサーボ・トラックは同じものであることを特徴とする上記(94)に記載のテープ・カートリッジ。

(96) 1つのバンド内の隣接したサーボ・トラックは、1つのバンドにおけるすべての遷移が該バンドの幅を横切って連続するように前記変換方向の1つの線において相互の倒影であるパターンを含むことを特徴とする上記(94)に記載の磁気記憶媒体。

(97) 前記記憶媒体上の2つのトラックはサーボ・バンドを、前記変換方向における該バンドの中心に関して対称的に形成すること、各トラックは循環シーケンスを含み、該循環シーケンスの周期は第1の向きの4つの線形ストライプのグループ、それに続く第2の向きの4つの線形ストライプのグループ、それに続く第1の向きの5つの線形ストライプのグループ、それに続く第2の向きの5つの線形ストライプのグループ、及び各グループの後に生じる遷移フリー・スペースを含むこと、及び前記第1方位角の向き及び第2方位角の向きは前記バンドが遷移フリー・スペースによって分離された反対方向の4つ及び5つのシェブロン連続グループを含むように前記バンドの中心に沿って対称的であることを、を特徴とする上記(96)に記載のテープ・カートリッジ。

(98) サーボ読取りヘッドに関して移動する時に前記サーボ読取りヘッドからサーボ読取りヘッド信号を発生させるためのサーボ・パターンをサーボ・トラックに記録されたテープ・カートリッジにして、前記サーボ・パターンは磁束遷移の循環シーケンスを含むこと、前記磁束遷移は前記サーボ・トラックの幅を横切って連続的に延び、前記サーボ読取りヘッドがサーボ・トラックの幅を横切って移動する時に前記サーボ読取りヘッド信号が変化するようなサーボ・パターン・ストライプを形成すること、前記ストライプは少なくとも第1方位角の向き及び第2方位角の向きを、前記第1方位角の向きが前記第2方位角の向きに平行にならないように含み、複数の連続したサブグループを含むグループで配列され、前記サブグループの各々は複数の方位角の向きのストライプを含むこと、前記グループは同期フィーチャによって分離され、を特徴とするテープ・カートリッジ。

(99) 前記ストライプのサブグループはストライプの対を含み、前記対の各々は第1方位角の向きのストライプ及び第2方位角の向きのストライプを含むことを特徴とする上記(98)に記載のテープ・カートリッジ。

(100) 前記同期フィーチャは少なくとも1つの極性の遷移のない遷移フリー・スペースを含むこと、及び前記遷移フリー・スペースの前記変換方向における最小長は同じ方位角の向きのストライプのグループ内で前記極性の連続した遷移相互間の前記変換方向における最大長を越えること、を特徴とする上記(98)に記載のテー

プ・カートリッジ。

(101) 前記同期フィーチャはサーボ制御情報以外の情報を含むことを特徴とする上記(98)に記載のテープ・カートリッジ。

(102) 1つ又は複数の隣接するサーボ・トラックが1つ又は複数のサーボ・トラック・バンドを形成することを特徴とする上記(98)に記載のテープ・カートリッジ。

(103) 1つのバンド内の隣接するサーボ・トラックは同じものであることを特徴とする上記(102)に記載のテープ・カートリッジ。

(104) 1つのバンド内の隣接したサーボ・トラックは、1つのバンドにおけるすべての遷移が該バンドの幅を横切って連続するように前記変換方向における1つの線において相互に類似したパターンを含むことを特徴とする上記(102)に記載のテープ・カートリッジ。

(105) 1つのバンドにおける遷移は、前記バンドが遷移フリー・スペースによって分離された反対方向の4つ及び5つのシェブロン連続グループを含むように前記バンドの中心に沿った線に関して対称的であることを特徴とする上記(104)に記載のテープ・カートリッジ。

(106) 少なくとも1つのサーボ・トラック上にサーボ・パターンを記録された磁気記憶媒体と、前記磁気記憶媒体を磁気ヘッド・アセンブリに関して移動させるための駆動手段と、前記磁気ヘッド・アセンブリは前記磁気記憶媒体の表面に記録された前記サーボ・パターンを読取るために及びサーボ読取りヘッド信号を発生するために前記移動する磁気記憶媒体の表面に十分に近接して移動すること、及び前記磁気記憶媒体のトラックにおいてデータを読取り及び書込むための少なくとも1つのデータ・ヘッド及び前記磁気記憶媒体のトラック上のサーボ情報を読取るための少なくとも1つのサーボ読取りヘッドを含むこと、前記磁気記憶媒体の表面の少なくとも1つのトラックに記録された前記サーボ・パターンを読取るために前記移動する磁気記憶媒体の表面に隣接して前記磁気ヘッド・アセンブリを位置づけるためのサーボ制御システムと、前記サーボ読取りヘッド信号を受け、それをデコードして前記サーボ・パターンに関する前記サーボ読取りヘッドの位置を表す位置信号を発生するサーボ・デコーダと、前記ヘッド・アセンブリを前記磁気記憶媒体に関して位置づけるように作動する変換アセンブリと、前記位置信号に従って前記変換アセンブリを作動させるサーボ・コントローラと、を含み、前記サーボ・デコーダは磁束遷移の循環シーケンスを含むサーボ・パターンから発生されたサーボ読取りヘッド信号をデコードするための手段を含むこと、前記磁束遷移は前記トラックの幅を横切って連続的に延び、前記磁気ヘッドが前記トラックの幅を横切って移動する時に前記サーボ読取りヘッド信号が変化するようなサーボ・パターン

・ストライプを形成すること、前記ストライプは少なくとも第1方位角の向き及び第2方位角の向きを、前記第1方位角の向きが前記第2方位角の向きに平行にならないように含むこと、及び前記ストライプは、前記第1方位角の向きの複数個の連続ストライプ含むグループ及びそれに続く前記第2方位角の向きの複数個の連続ストライプを含むグループで配列されること、を特徴とするデータ記憶システム。

(107) 単一の向きの連続ストライプのグループは他の向きの連続ストライプのグループから同期フィーチャによって分離されることを特徴とする上記(106)に記載のデータ記憶システム。

(108) 前記同期フィーチャは少なくとも1つの極性の遷移のない遷移フリー・スペースを含むこと、及び前記遷移フリー・スペースの前記変換方向における最小長は同じ方位角の向きのストライプのグループ内で前記極性の連続した遷移相互間の前記変換方向における最大長を越えること、を特徴とする上記(107)に記載のデータ記憶システム。

(109) 前記循環遷移シーケンスの各パターン周期はストライプの複数個のグループを含むこと、各グループは単一の方位角の向きのストライプを含むこと、及び1つの周期における少なくとも1つのグループは他のグループに含まれたストライプの数とは異なる数のストライプを含むこと、を特徴とする上記(108)に記載のデータ記憶システム。

(110) 前記サーボ・デコーダは1つのパターン周期内の個々の遷移フリー・スペースを、前のストライプのグループにおいて検出されたストライプの数をカウントすることによって識別することを特徴とする上記(109)に記載のデータ記憶システム。

(111) 前記磁束遷移の循環シーケンスの各パターン周期は第1の向きの4つのストライプのグループ、それに続く第2の向きの4つのストライプのグループ、それに続く第1の向きの5つのストライプのグループ、それに続く第2の向きの5つのストライプのグループ、及び各グループの後に生じる遷移フリー・スペースを含むことを特徴とする上記(109)に記載のデータ記憶システム。

(112) 前記同期フィーチャは前記サーボ制御情報以外の情報を含むことを特徴とする上記(109)に記載のデータ記憶システム。

(113) 1つ又は複数個の隣接するサーボ・トラックが1つ又は複数個のサーボ・トラック・バンドを形成することを特徴とする上記(106)に記載のデータ記憶システム。

(114) 1つのバンド内の隣接するサーボ・トラックは同じものであることを特徴とする上記(113)に記載のデータ記憶システム。

(115) 1つのバンド内の隣接するサーボ・トラックは、前記サーボ・パターンから発生されたサーボ読取りヘッド信号を

は、1つのバンドにおけるすべての遷移が該バンドの幅を横切って連続するように前記変換方向における1つの線において相互に類似したパターンを含むことを特徴とする上記(113)に記載のデータ記憶システム。

(116) 前記記憶媒体上の2つのトラックがサーボ・バンドを、前記変換方向における該バンドの中心に関して対称的に形成すること、各トラックは循環シーケンスを含み、該循環シーケンスの周期は第1の向きの4つの線形ストライプのグループ、それに続く第2の向きの4つの線形ストライプのグループ、それに続く第1の向きの5つの線形ストライプのグループ、それに続く第2の向きの5つの線形ストライプのグループ、及び各グループの後に生じる遷移フリー・スペースを含むこと、及び前記第1及び第2方位角の向きは前記バンドが遷移フリー・スペースによって分離された反対方向の4つ及び5つのシェブロン連続グループを含むように前記バンドの中心に関して対称的な補助角を含むこと、を特徴とする上記(115)に記載のデータ記憶システム。

(117) 前記信号デコーダは第1磁束極性を持った磁束遷移に対応するサーボ読取りヘッドからの信号を検出し、第2磁束極性を持った磁束遷移を無視することを特徴とする上記(106)に記載のデータ記憶システム。

(118) 前記記憶媒体上に前記サーボ・パターンを書込むための手段を含むことを特徴とする上記(106)に記載のデータ記憶システム。

(119) 少なくとも1つのサーボ・トラック上にサーボ・パターンを記録された磁気記憶媒体と、前記磁気記憶媒体を磁気ヘッド・アセンブリに関して移動させるための駆動手段と、前記磁気ヘッド・アセンブリは前記磁気記憶媒体の表面に記録された前記サーボ・パターンを読取るために及びサーボ読取りヘッド信号を発生するために前記移動する磁気記憶媒体の表面に十分に近接して移動すること、及び前記磁気記憶媒体のトラックにおいてデータを読取り及び書込むための少なくとも1つのデータ・ヘッド及び前記磁気記憶媒体のトラック上のサーボ情報を読取るための少なくとも1つのサーボ読取りヘッドを含むことと、前記磁気記憶媒体の表面の少なくとも1つのトラックに記録された前記サーボ・パターンを読取るために前記移動する磁気記憶媒体の表面に隣接して前記磁気ヘッド・アセンブリを位置づけるためのサーボ制御システムと、前記サーボ読取りヘッド信号を受け、それをデコードして前記サーボ・パターンに関する前記サーボ読取りヘッドの位置を表す位置信号を発生するサーボ・デコーダと、前記ヘッド・アセンブリを前記磁気記憶媒体に関して位置づけるように作動する変換アセンブリと、前記位置信号に従って前記変換アセンブリを作動させるサーボ・コントローラと、を含み、前記サーボ・デコーダは磁束遷移の循環シーケンスを含むサーボ・パターンから発生されたサーボ読取りヘッド信号を

記トラックの幅を横切って連続的に延び、前記磁気ヘッドが前記トラックの幅を横切って移動する時に前記サーボ読取りヘッド信号が変化するようなサーボ・パターン・ストライプを形成すること、前記ストライプは少なくとも第1方位角の向き及び第2方位角の向きを、前記第1方位角の向きが前記第2方位角の向きに平行にならないように含むこと、及び前記ストライプは複数の連続サブグループを含むグループで配列され、前記サブグループの各々は複数の方位角の向きのストライプを含み、前記グループは同期フィーチャによって分離されること、を特徴とするデータ記憶システム。

(120) 少なくとも1つのサーボ・トラック上にサーボ・パターンを記録された磁気記憶媒体と、前記磁気記憶媒体を磁気ヘッド・アセンブリに関して移動させるための駆動手段と、前記磁気ヘッド・アセンブリは前記磁気記憶媒体の表面に記録された前記サーボ・パターンを読取るために及びサーボ読取りヘッド信号を発生するために前記移動する磁気記憶媒体の表面に十分に近接して移動すること、及び前記磁気記憶媒体のトラックにおいてデータを読取り及び書込むための少なくとも1つのデータ・ヘッド及び前記磁気記憶媒体のトラック上のサーボ情報を読取るための少なくとも1つのサーボ読取りヘッドを含むことと、前記磁気記憶媒体の表面の少なくとも1つのトラックに記録された前記サーボ・パターンを読取るために前記移動する磁気記憶媒体の表面に隣接して前記磁気ヘッド・アセンブリを位置づけるためのサーボ制御システムと、前記サーボ読取りヘッド信号を受け、それをデコードして前記サーボ・パターンに関する前記サーボ読取りヘッドの位置を表す位置信号を発生するサーボ・デコーダと、前記ヘッド・アセンブリを前記磁気記憶媒体に関して位置づけるように作動する変換アセンブリと、前記位置信号に従って前記変換アセンブリを作動させるサーボ・コントローラと、を含み、前記サーボ・デコーダは、前記記憶媒体上に記録された所定のサーボ・パターンと前記読取りヘッド信号とを相関させるような前記読取りヘッド信号のパターン認識によってエラーを検出するための手段を含み、前記信号がエラー限界内で相関しない場合、前記サーボ・デコーダはエラー状態を表すことを特徴とするデータ記憶システム。

(121) 前記サーボ・デコーダのエラーを検出するための手段は周期的同期フィーチャを含む磁束遷移の循環シーケンスより成るサーボ・パターンを検出すること、及び前記サーボ・デコーダは、同期フィーチャ相互間で生じる遷移の数をカウントすること及び前記遷移の数と所定のサーボ・パターンにおける遷移の数とを比較することによって、前記サーボ・デコーダによってカウントされた遷移の数が前記所定のサーボ・パターンにおける遷移の数に等しくない場合、前記サーボ・デコーダがエラー状態を表すように、前記読取りヘッド信号を相関させること、を特徴とする上記(120)に記載のデータ

記憶システム。

(122) 前記サーボ・デコーダのエラーを検出するための手段は磁束遷移の循環シーケンスを含むサーボ・パターンから生じた読取りヘッド信号をデコードすること、前記磁束遷移は前記トラックの幅を横切って連続的に延び、前記磁気ヘッドがトラックの幅を横切って移動する時に前記サーボ読取りヘッド信号が変化するようなサーボ・パターン・ストライプを形成すること、前記ストライプは少なくとも第1方位角の向き及び第2方位角の向きを、前記第1方位角の向きが前記第2方位角の向きに平行にならないように含むこと、及び前記ストライプは前記第1方位角の向きに複数の連続ストライプを持ったグループ及びそれに続く第2方位角の向きに複数の連続ストライプを持ったグループで配列されること、を特徴とする上記(121)に記載のデータ記憶システム。

(123) 前記サーボ・パターンの同期フィーチャは少なくとも1つの極性の遷移のない遷移フリー・スペースを含むこと、及び前記遷移フリー・スペースの前記変換方向における最小長は同じ方位角の向きのストライプのグループ内で前記極性の連続した遷移相互間の前記変換方向における最大長を越えること、を特徴とする上記(122)に記載のデータ記憶システム。

(124) 前記サーボ・デコーダのエラーを検出するための手段は磁束遷移の循環シーケンスを含むサーボ・パターンから生じた読取りヘッド信号をデコードすること、前記磁束遷移は前記トラックの幅を横切って連続的に延び、前記磁気ヘッドが前記トラックの幅を横切って移動する時に前記サーボ読取りヘッド信号が変化するようなサーボ・パターン・ストライプを定義すること、前記ストライプは少なくとも第1方位角の向き及び第2方位角の向きを、前記第1方位角の向きが前記第2方位角の向きに平行にならないように含むこと、及び前記ストライプは複数の連続したサブグループを含むグループで配列され、前記サブグループの各々は複数の方位角の向きにストライプを有し、前記グループは前記サーボ・デコーダによって検出可能な同期フィーチャによって分離されること、を特徴とする上記(121)に記載のデータ記憶システム。

(125) 前記サーボ・パターンの同期フィーチャは少なくとも1つの極性の遷移のない遷移フリー・スペースを含むこと、及び前記遷移フリー・スペースの前記変換方向における最小長は同じ方位角の向きのストライプのグループ内で前記極性の連続した遷移相互間の前記変換方向における最大長を越えること、を特徴とする上記(124)に記載のデータ記憶システム。

(126) 前記サーボ・デコーダの位置信号は一連の値を含み、前記サーボ・デコーダが前記読取りヘッド信号におけるエラー状態を表す場合、現在の位置信号の値は前記エラー状態の前に生じた1つ又は複数の位置信号

の値から取り出された値でもって置換されることを特徴とする上記(120)に記載のデータ記憶システム。

(127) 前記置換される値はエラー状態が表される前に前記サーボ・デコーダによって発生された最後の位置信号の値であることを特徴とする上記(126)に記載のデータ記憶システム。

(128) 前記サーボ制御システムは、前記記憶媒体上の更なるサーボ・パターンを読取り、前記更なるサーボ・パターンを表す更なる読取りヘッド信号を発生するための1つ又は複数個の更なる読取りヘッドと、前記更なる読取りヘッド信号を受け、それらをデコードして前記サーボ・パターンに関する前記更なる読取りヘッドの位置を表す更なる位置信号を発生する1つ又は複数個の更なるサーボ・デコーダと、を含み、前記サーボ制御システムは、廃棄された現在の位置信号の値を、エラー状態にない1つ又は複数個の更なる位置信号の値から取り出された値でもって置換することを特徴とする上記(127)に記載のデータ記憶システム。

(129) 少なくとも1つのサーボ・トラック上にサーボ・パターンを記録された磁気記憶媒体と、前記磁気記憶媒体を磁気ヘッド・アセンブリに関して移動させるための駆動手段と、前記磁気ヘッド・アセンブリは前記磁気記憶媒体の表面に記録された前記サーボ・パターンを読取るために及びサーボ読取りヘッド信号を発生するために前記移動する磁気記憶媒体の表面に十分に近接して移動すること、及び前記磁気記憶媒体のトラックにおいてデータを読取り及び書込むための少なくとも1つのデータ・ヘッド及び前記磁気記憶媒体のトラック上のサーボ情報を読取るための少なくとも1つのサーボ読取りヘッドを含むことと、前記磁気記憶媒体の表面の少なくとも1つのトラックに記録された前記サーボ・パターンを読取るために前記移動する磁気記憶媒体の表面に隣接して前記磁気ヘッド・アセンブリを位置づけるためのサーボ制御システムと、前記サーボ読取りヘッド信号を受け、それをデコードして前記サーボ・パターンに関する前記サーボ読取りヘッドの位置を表す位置信号を発生するサーボ・デコーダと、前記ヘッド・アセンブリを前記磁気記憶媒体に関して位置づけるように作動する変換アセンブリと、前記位置信号に従って前記変換アセンブリを作動させるサーボ・コントローラと、を含み、前記サーボ・デコーダは磁束遷移の循環シーケンスを含むサーボ・パターンから生じた読取りヘッド信号をデコードするための手段を含むこと、前記磁束遷移は前記トラックの幅を横切って連続的に延び、前記磁気ヘッドがトラックの幅を横切って移動する時に前記サーボ読取りヘッド信号が変化するようなサーボ・パターン・ストライプを形成すること、前記ストライプは少なくとも第1方位角の向き及び第2方位角の向きを、前記第1方位角の向きが前記第2方位角の向きに平行にならないように含むこと、及び前記サーボ・デコーダは前記サーボ・パターン

における複数個の所定の磁束遷移の対相互間の時間インターバルを決定し、前記時間インターバルの関数である実質的に速度不変の位置信号を発生すること、を特徴とするデータ記憶システム。

(130) 前記サーボ・デコーダのデコードするための手段は前記第1方位角の向きのストライプから前記第2方位角の向きのストライプまでの前記読取りヘッド信号の時間インターバル及び同じ向きの2つのストライプ相互間の時間インターバルの比に従って位置信号を発生することを特徴とする上記(129)に記載のデータ記憶システム。

(131) 前記サーボ・デコーダのデコードするための手段は第1磁束極性を持った磁束遷移に対応する読取りヘッドからの信号を検出し、第2磁束極性を持った磁束遷移を無視することを特徴とする上記(129)に記載のデータ記憶システム。

(132) 少なくとも1つのサーボ・トラック上にサーボ・パターンを記録された磁気記憶媒体と、前記磁気記憶媒体を磁気ヘッド・アセンブリに関して移動させるための駆動手段と、前記磁気ヘッド・アセンブリは前記磁気記憶媒体の表面に記録された前記サーボ・パターンを読取るために及びサーボ読取りヘッド信号を発生するために前記移動する磁気記憶媒体の表面に十分に近接して移動すること、及び前記磁気記憶媒体のトラックにおいてデータを読取り及び書込むための少なくとも1つのデータ・ヘッド及び前記磁気記憶媒体のトラック上のサーボ情報を読取るための少なくとも1つのサーボ読取りヘッドを含むことと、前記磁気記憶媒体の表面の少なくとも1つのトラックに記録された前記サーボ・パターンを読取るために前記移動する磁気記憶媒体の表面に隣接して前記磁気ヘッド・アセンブリを位置づけるためのサーボ制御システムと、前記サーボ読取りヘッド信号を受け、それをデコードして前記サーボ・パターンに関する前記サーボ読取りヘッドの位置を表す位置信号を発生するサーボ・デコーダと、前記ヘッド・アセンブリを前記磁気記憶媒体に関して位置づけるように作動する変換アセンブリと、前記位置信号に従って前記変換アセンブリを作動させるサーボ・コントローラと、を含み、前記磁気ヘッド・アセンブリは少なくとも1つのデータ読取りヘッドを含み、変換方向に対して垂直な方向のヘッドの寸法を幅として定義した場合、前記サーボ読取りヘッドは最も狭いデータ読取りヘッドの幅の半分より小さい幅を有することを特徴とするデータ記憶システム。

(133) 前記サーボ・パターンを含む前記サーボ・トラックの幅は単一のデータ・トラックの幅よりも広いことを特徴とする上記(132)に記載のデータ記憶システム。

(134) 前記記憶媒体上の1つ又は複数個の隣接するサーボ・トラックが1つ又は複数個のサーボ・バンドを形成することを特徴とする上記(132)に記載のデー

タ記憶システム。

(135) 1つのサーボ・バンドは単一のデータ・トラックよりも幅広いことを特徴とする上記(134)に記載のデータ記憶システム。

(136) 前記サーボ・デコーダのデコードするための手段は、磁束遷移の循環シーケンスを含むサーボ・パターンから生じたヘッド読取り信号をデコードすること、前記磁束遷移は前記トラックの幅を横切って連続的に延び、前記磁気ヘッドが前記トラックの幅を横切って移動する時に前記サーボ読取りヘッド信号が変化するようなサーボ・パターン・ストライプを形成すること、及び前記ストライプは少なくとも第1方位角の向き及び第2方位角の向きを、前記第1方位角の向きが前記第2方位角の向きに平行にならないように含むこと、を特徴とする上記(132)に記載のデータ記憶システム。

(137) 前記サーボ・パターン・ストライプは第1方位角の向きの複数の連続ストライプを有するグループ及びそれに続く第2方位角の向きの複数の連続ストライプを有するグループで配列されることを特徴とする上記(136)に記載のデータ記憶システム。

(138) 変換方向に沿って記憶媒体上のトラックに記録された磁束遷移の循環シーケンスを含むサーボ・パターンを磁気記憶媒体上に生じさせる方法にして、前記磁束遷移はサーボ・トラックの幅を横切って連続的に延び、サーボ・パターン・ストライプを形成し、前記ストライプは少なくとも第1方位角の向き及び第2方位角の向きを、前記第1方位角の向きが前記第2方位角の向きに平行にならないように含み、前記ストライプは前記第1方位角の向きの複数の離間した連続ストライプを含むグループ及びそれに続く第2方位角の向きの複数の離間した連続ストライプを含むグループで配列され、複数ギャップのサーボ書き込みヘッドに関して前記変換方向に前記磁気記憶媒体を移動させるステップにして、前記サーボ書き込みヘッドは前記変換方向に離間したリーディング・ギャップ及びトレーリング・ギャップを少なくとも有し、磁束を発生するために及び前記第1方位角の向きの少なくとも1つのサーボ・パターン及び前記第2方位角の向きの少なくとも1つのサーボ・パターンをサーボ・トラックに記録するために電流パルスを提供されるものと、前記複数ギャップのサーボ書き込みヘッドに所定の極性を有する反復した電流パルスのグループを提供するステップにして、前記電流パルスのグループは遅延時間インターバルによって時間的に相互に分離され、1つのグループ内の反復した電流パルスのタイミングは該グループの最後の電流パルス中にトレーリング・ギャップによって記録されたストライプが該グループの第1電流パルス中にリーディング・ギャップによって記録されたストライプとの間に完全に存在するようなタイミングであり、前記遅延時間インターバルはパルスのグループに

によって書込まれたすべてのストライプが前の電流パルスのグループによって書込まれたストライプを完全に越えて存在するように十分に長いものであるものと、前記磁気記憶媒体に記録されたストライプが前記サーボ・パターンを含むまで前記電流パルスのグループを供給するステップを反復するステップと、を含む方法。

(139) 前記変換方向に沿った前記記憶媒体上のストライプ位置は、前記移動させるステップ中は、前記変換方向に所定の速度で前記磁気記憶媒体を反復的に移動させることによって制御され、前記供給するステップ中は、前記反復した電流パルスを一定のタイミング・インターバルで供給することによって制御されることを特徴とする上記(138)に記載の方法。

(140) 前記変換方向に沿った前記記憶媒体上のストライプ位置は、前記移動させるステップ中は、前記記憶媒体の速度を反復的に測定することによって制御され、前記供給するステップ中は、所望のストライプ間隔を得るために前記速度の測定から得られた前記反復した電流パルスを時々供給することによって制御されることを特徴とする上記(138)に記載の方法。

(141) 前記供給するステップは、任意の2つのサーボ・パターン・グループ相互間の前記変換方向における最小間隔が任意の2つのサーボ・パターン・ストライプ相互間の前記変換方向における間隔を越えるように、前記遅延時間インターバルを十分に長くすること及び前記複数ギャップのサーボ書き込みヘッドのギャップ相互間の間隔を十分に長くすることによって各サーボ・パターン・グループ後の遷移フリー・スペーシング・インターバルを作るステップを含むことを特徴とする上記(138)に記載の方法。

(142) 前記電流パルスのグループを供給するステップは、記録された遷移の循環シーケンスの各パターン周期がストライプの複数のグループを含むように反復されること、該グループの各々は単一の方位角の向きのストライプを含むこと、及び1つの周期内の少なくとも1つのグループは他のストライプのグループ内に含まれるストライプの数とは異なる数のストライプを含むこと、を特徴とする上記(141)に記載の方法。

(143) 前記電流パルスのグループを供給するステップは、記録された遷移の循環シーケンスの各パターン周期が第1方位角の向きの4つのストライプのグループ、それに続く第2方位角の向きの4つのストライプのグループ、それに続く第1方位角の向きの5つのストライプのグループ、それに続く第2方位角の向きの5つのストライプのグループ、及びストライプの各グループの後に生じる遷移フリー・スペーシング・インターバルを含むように反復されることを特徴とする上記(142)に記載の方法。

(144) 変換方向に沿って記憶媒体上のトラックに記録された磁束遷移の循環シーケンスを含むサーボ・パタ

ーンを磁気記憶媒体上に生じさせる方法にして、前記磁束遷移はサーボ・トラックの幅を横切って連続的に延び、サーボ・パターン・ストライプを形成し、前記ストライプは少なくとも第1方位角の向き及び第2方位角の向きを、前記第1方位角の向きが前記第2方位角の向きに平行にならないように含み、前記ストライプは前記第1方位角の向きの複数個の離間した連続ストライプを含むグループ及びそれに続く第2方位角の向きの複数個の離間した連続ストライプを含むグループで配列され、前記ストライプは複数個の連続したサブグループを含むグループで配列され、各サブグループは同期フィーチャによって分離され、複数ギャップのサーボ書込みヘッドに関して前記変換方向に前記磁気記憶媒体を移動させるステップにして、変換方向に離間したリーディング・ギャップ及びトレイリング・ギャップを少なくとも有し、磁束を発生するために及び前記第1方位角の向きの少なくとも1つのサーボ・パターン及び前記第2方位角の向きの少なくとも1つのサーボ・パターンを前記サーボ・トラックに記録するために電流パルスを供給されるものと、前記複数ギャップのサーボ書込みヘッドに所定の極性を有する反復した電流パルスのグループを供給するステップにして、前記電流パルスのグループは遅延時間インターバルによって時間的に相互に分離され、1つのグループ内の反復した電流パルスのタイミングは該グループの各電流パルスでもって前記トレイリング・ギャップにより記録されたストライプが該グループにおける前の電流パルスの後のリーディング・ギャップによって記録されたストライプを完全に越えて存在するようなタイミングであり、前記遅延時間インターバルは1つのグループの最後の電流パルス中に前記リーディング・ギャップによって記録されたストライプと後続のグループの第1の電流パルス中に前記トレイリング・ギャップによって記録されたストライプとの間の前記変換方向に沿った最小間隔が電流パルスのグループにより書込まれたストライプのセットにおける連続したストライプの任意の対の間の前記変換方向に沿った最大間隔よりも大きくなるように十分に長いものと、前記磁気記憶媒体に記録されたストライプが前記サーボ・パターンを含むまで前記電流パルスのグループを供給するステップを反復するステップと、を含む方法。

(145) 前記変換方向に沿った前記記憶媒体上のストライプ位置は、前記移動させるステップ中は、前記変換方向に所定の速度で前記磁気記憶媒体を反復的に移動させることによって制御され、前記供給するステップ中は、前記反復した電流パルスを一定のタイミング・インターバルで供給することによって制御されることを特徴とする上記(144)に記載の方法。

(146) 前記変換方向に沿った前記記憶媒体上のストライプ位置は、前記移動させるステップ中は、前記記憶媒体の速度を反復的に測定することによって制御され、

前記供給するステップ中は、所望のストライプ間隔を得るために前記速度の測定から得られた前記反復した電流パルスを時々供給することによって制御されることを特徴とする上記(144)に記載の方法。

【0104】

【発明の効果】本発明を実施することによって、サーボ・ヘッドにおける磨耗及び塵埃による位置信号エラーの大きさを減少させ、位置信号エラーを容易に検出可能にした磁気記憶装置のためのサーボ制御システムが得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に従って構成されたテープ・ドライブ記憶装置及び関連のテープ・カートリッジの投影図である。

【図2】図1に示されたテープ・ドライブ及びカートリッジのうちの磁気ヘッド及びサーボ制御システムの概略表示である。

【図3】本発明による別のヘッド・アセンブリ構成の概略表示である。

【図4】本発明に従って構成されたサーボ・パターンの表示である。

【図5】本発明に従って構成された別のサーボ・パターンの表示である。

【図6】本発明に従って構成された別のサーボ・パターンの表示である。

【図7】図2に示された磁気ヘッドによって発生されたサーボ情報信号のグラフである。

【図8】図6に示されたサーボ・パターンをサーボ・ヘッドが追跡する時のそのサーボ・ヘッドの表示及びそれが発生するヘッド出力信号のグラフである。

【図9】本発明に従って構成された別のサーボ・パターンをサーボ・ヘッドが追跡する時のそのサーボ・ヘッドの表示及びそれが発生するヘッド出力信号のグラフである。

【図10】図2に示されたサーボ制御システムのための位置信号デコーダの一部分のブロック図である。

【図11】図2に示されたサーボ制御システムのための位置信号デコーダの一部分のブロック図である。

【図12】図2に示されたサーボ制御システムのための位置信号デコーダの一部分のブロック図である。

【図13】図2に示されたサーボ制御システムのための別の位置信号デコーダの一部分のブロック図である。

【図14】図2に示されたサーボ制御システムのための別の位置信号デコーダの一部分のブロック図である。

【図15】図2に示されたサーボ制御システムのための別の位置信号デコーダの一部分のブロック図である。

【図16】図2に示されたサーボ制御システムのための別の位置信号デコーダの一部分のブロック図である。

【図17】図9に示されたサーボ・パターンをサーボ・ヘッドが追跡する時のそのサーボ・ヘッドの表示及びそ

れが発生するヘッド出力信号及び対応するA及びB信号インターバルの表示である。

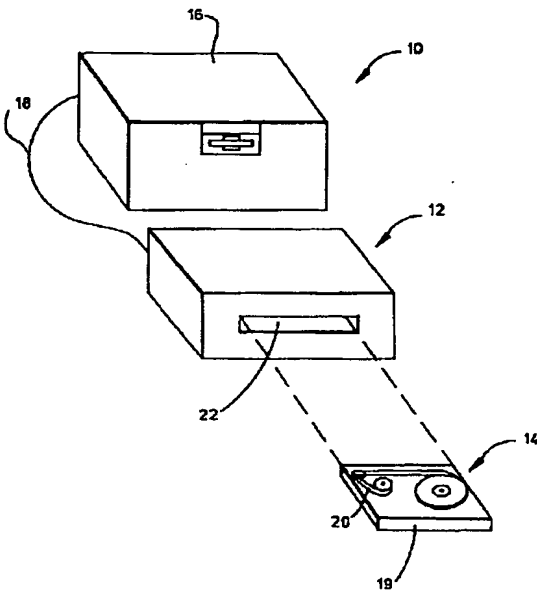
【図18】図17に示されたサーボ・パターンを実施する時に使用するための図13に示されたシステムに記憶されたデータを示す表である。

【図19】磁気記憶テープ上にサーボ・パターンを記録するためのドラムシステムの概略表示である。

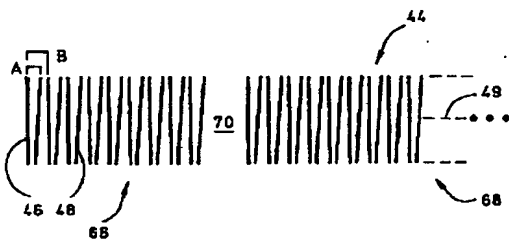
【図20】図19に示されたシステムによって磁気テープの一部分上に記録可能な磁束遷移の概略表示である。

【図21】図9に示されたサーボ・パターンを記録することができるマルチギャップ・ヘッドの概略表示であ

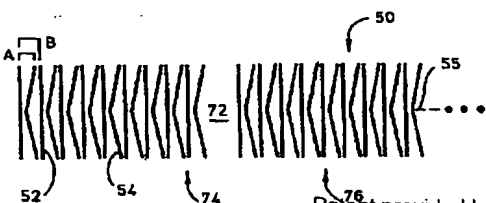
【図1】



【図4】



【図5】



る。

【図22】図21に示されたヘッドの断面図である。

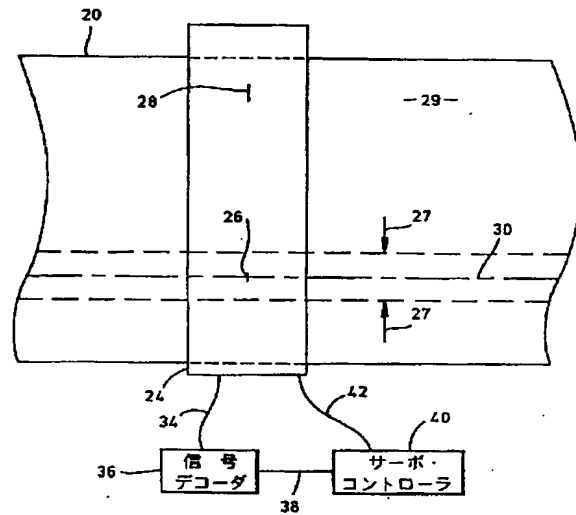
【図23】図21及び図22に示されたヘッドのサーボ・パターン・ギャップ領域の平面図である。

【図24】本発明に従って構成された磁気テープを書込むサーボ書込みヘッドの概略表示である。

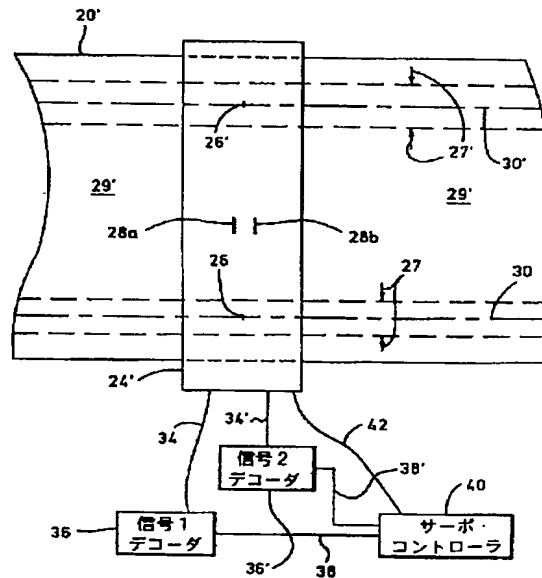
【図25】本発明に従って磁気テープを作るための記録システムの概略表示である。

【図26】図25に示された記録システムの概略図であ

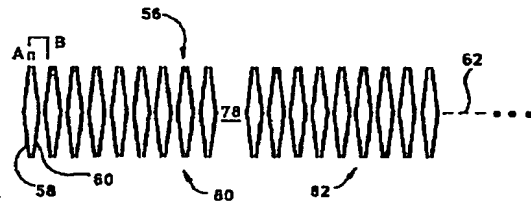
【図2】



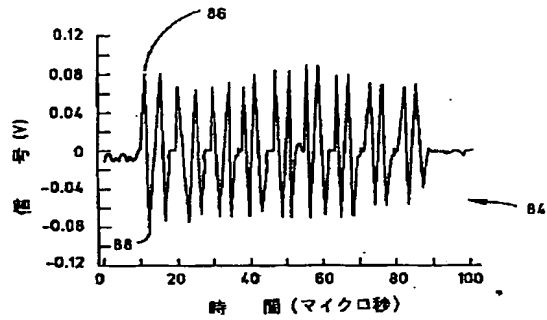
【図3】



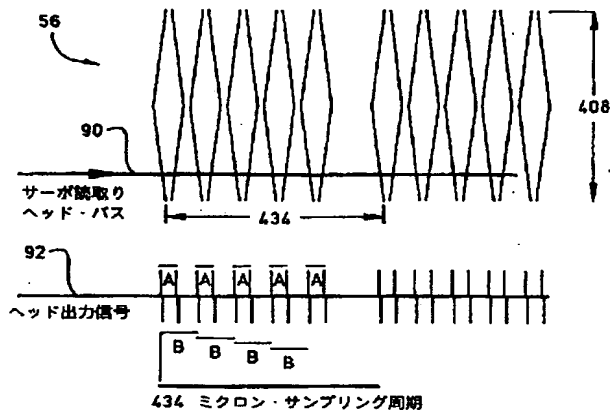
【図6】



【図7】



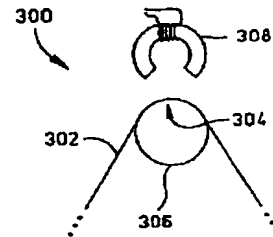
【図8】



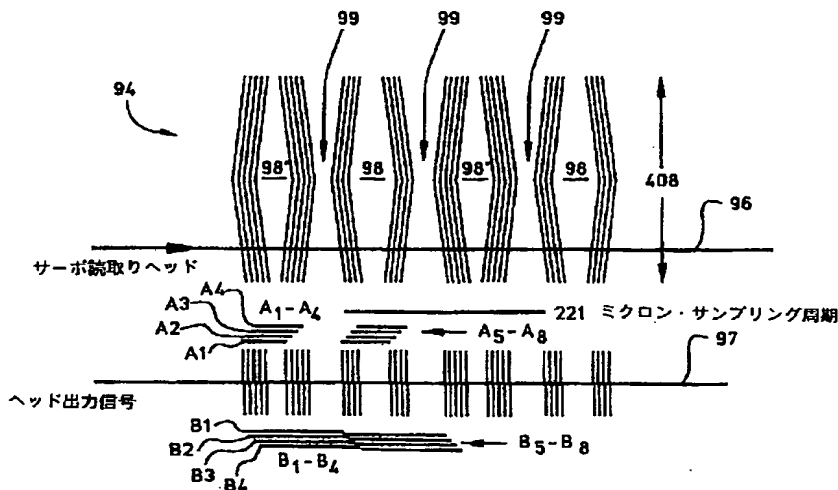
【図18】

アドレス	X1	X2	Y1	Y2	D1	D2
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	1	1	1
2	0	0	2	2	2	2
3	0	0	3	3	3	3
4	0	0	4	4	4	4
5	0	0	4	4	0	0
6	+1	+1	4	4	1	1
7	+2	+2	4	4	2	2
8	+3	+3	4	4	1	1
9	+4	+4	4	4	0	0
10	+4	+3	4	3	0	-2
11	+3	+2	3	2	-2	-4
12	+2	+1	2	1	-4	-2
13	+1	0	1	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0

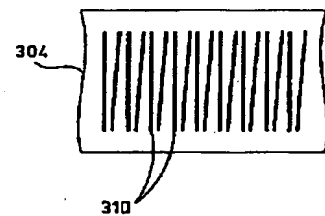
【図19】



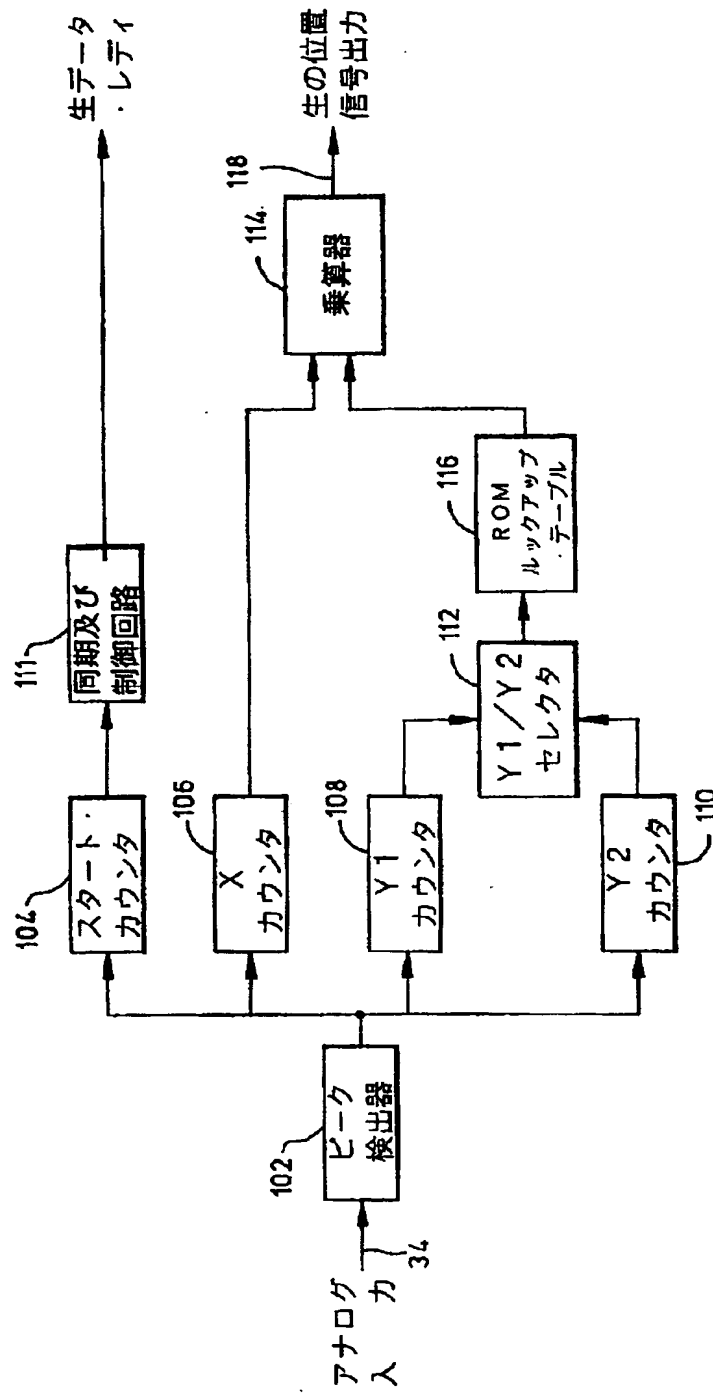
【図9】



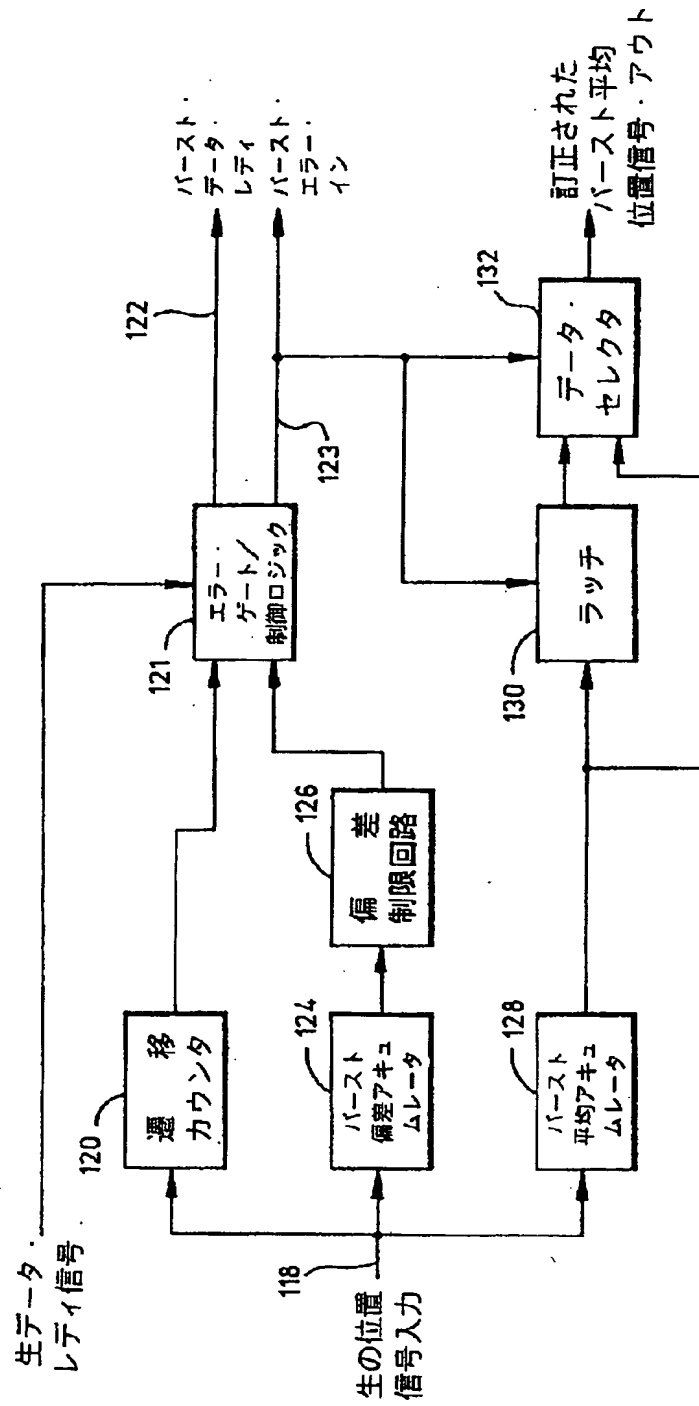
【図20】



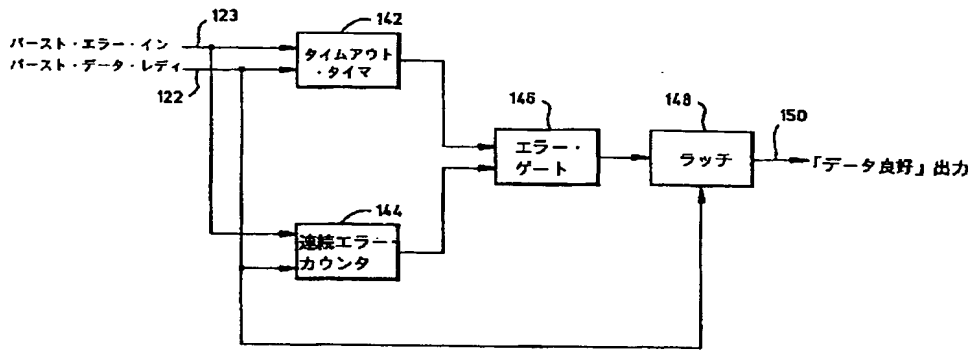
【図10】



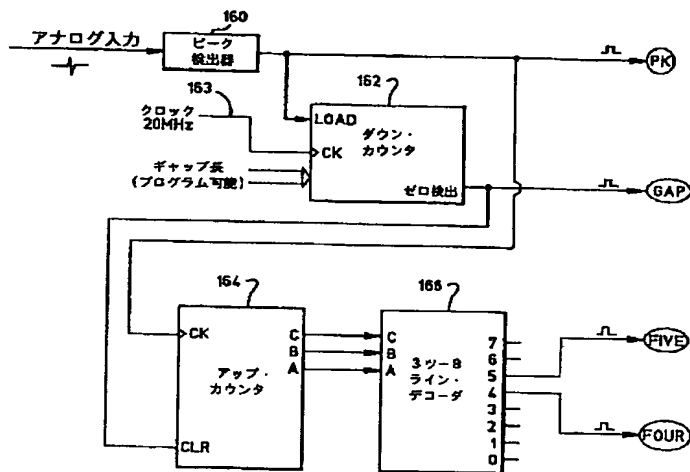
【図11】



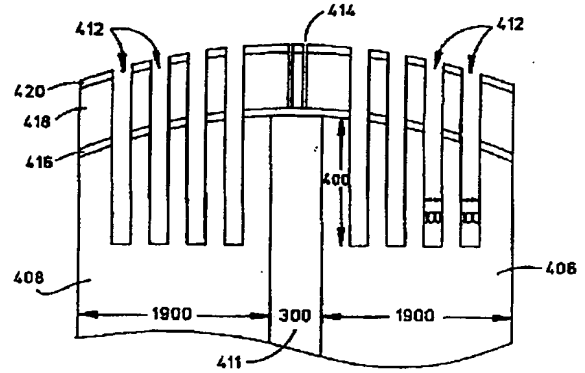
【図 12】



【図 14】

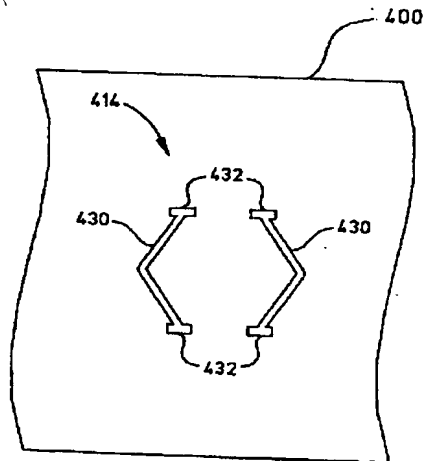
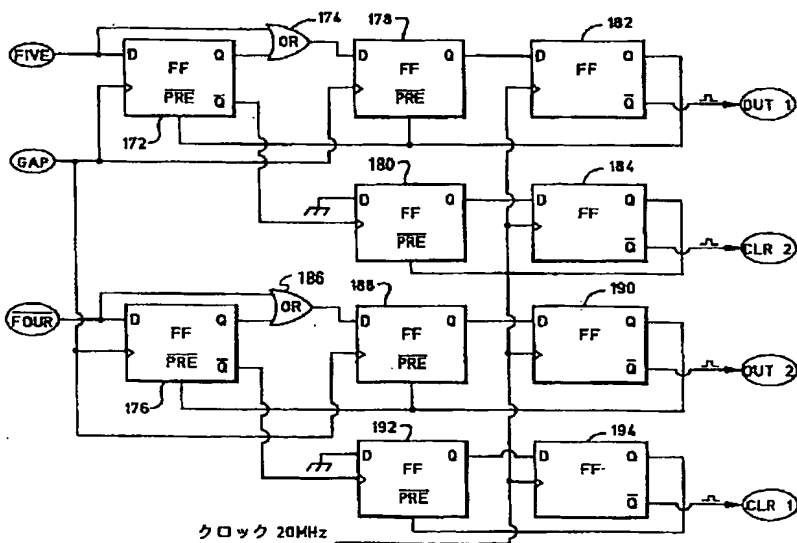


【図 22】

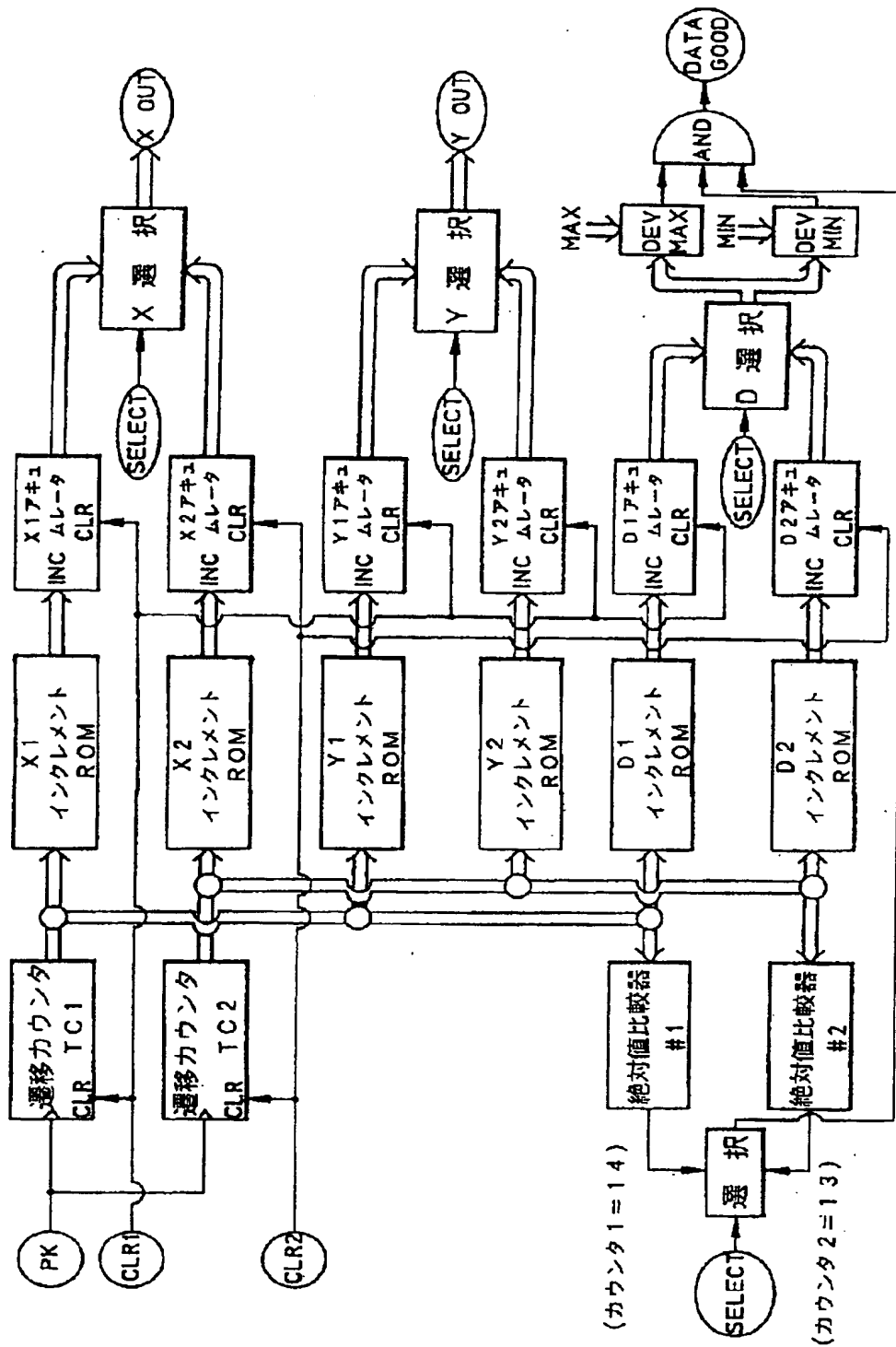


【図 23】

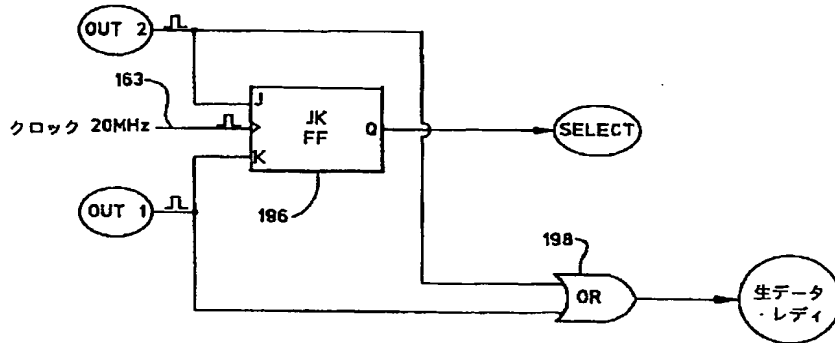
【図 15】



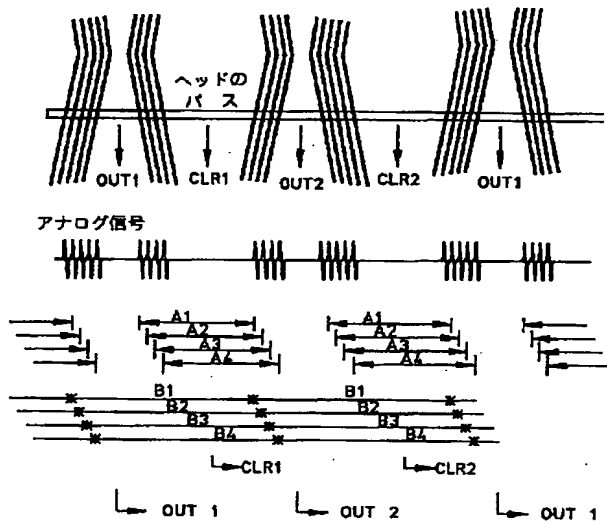
【図13】



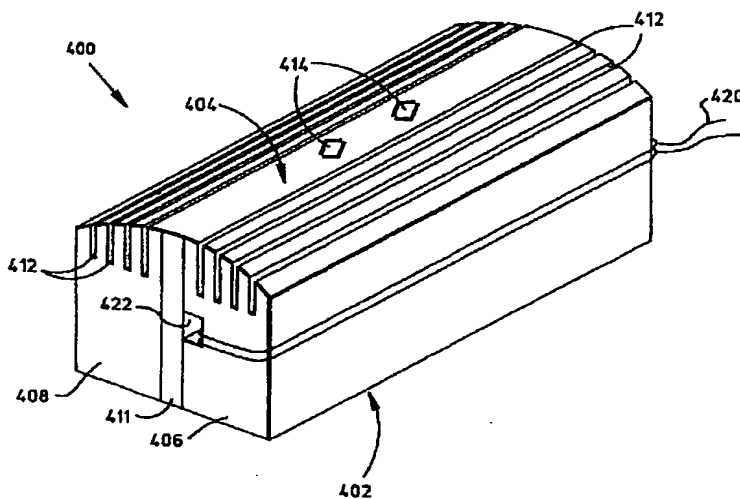
【図16】



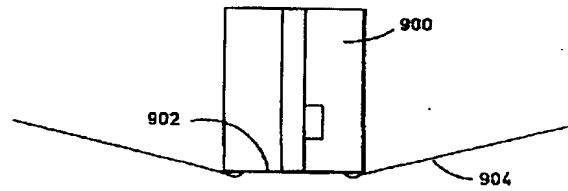
【図17】



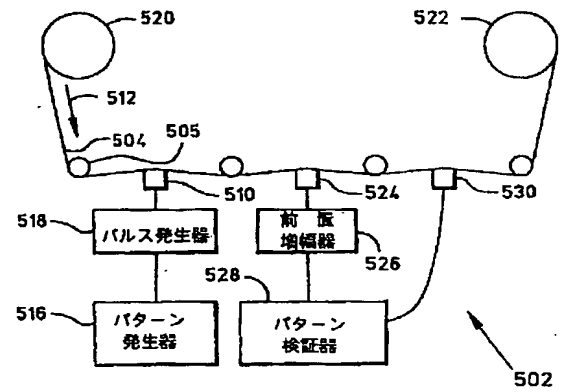
【図21】



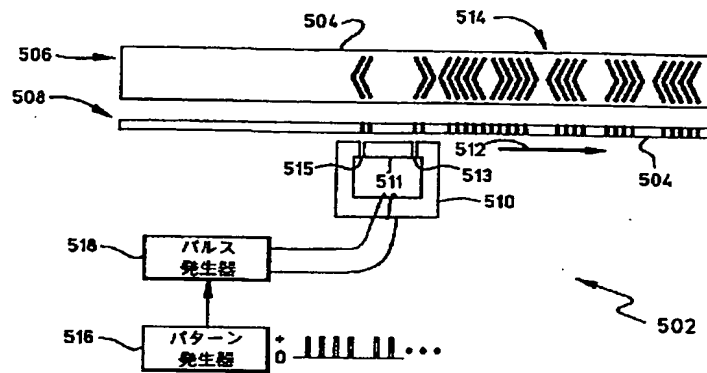
【図24】



【図26】



【図25】



フロントページの続き

(72)発明者 ロバート・カール・バーレット
アメリカ合衆国カリフォルニア州、サン・
ノゼ、イースト・デンウッド・ドライブ
3869

(72)発明者 ジェイムズ・ハワード・イートン
アメリカ合衆国カリフォルニア州、モーガ
ン・ヒル、キャッスル・ヒル・ドライブ
18750